

Bucherer, M.; Clausen, U.; Herrmann, C.; Hoffschroer, H.; Juraschek, M.; Kreuz, F.; Langer, V.; Reicher, C.; Roth, C.; Schmidt, A.; Söfker-Rieniets, A.; Sonntag, R.; Spengler, A.; Thiede, S.; Vossen, B.

# **Urban Factory - Entwicklung ressourceneffizienter Fabriken in der Stadt**

Abschlussbericht

Teil 2:

Empirische Untersuchungen: Methoden, Ergebnisse, Schlussbetrachtung



# Urban Factory - Entwicklung ressourceneffizienter Fabriken in der Stadt

## Abschlussbericht

- Teil 1: Theoretische Grundlagen & Hypothesen  
Teil 2: Empirische Untersuchungen: Methoden, Ergebnisse, Schlussbetrachtung  
Teil 3: Empirische Untersuchungen: Anhang  
Teil 4: Maßnahmenkatalog zur Anpassung von urbanen Fabriken

Dies ist der Teil 2 des Abschlussberichtes für das Gesamtprojekt von:

Technische Universität Braunschweig (IIKE + IWF, FKZ: 03ET1311A)  
Technische Universität Dortmund (ITL + STB, FKZ: 03ET1311B)  
Universität Duisburg-Essen (ISS, FKZ: 03ET1311C)  
Tapping Measuring Technology GmbH (TMT, FKZ: 03ET1311D)

Projektlaufzeit 01.09.2015-31.12.2018

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Impressum

### Lizenz

Dieses Werk ist unter der Creative Commons Lizenz CC-BY 4.0 zugänglich.

DOI: 10.24355/dbbs.084-201909121224-0

### Kontakt

Technische Universität Braunschweig  
Institut für Industriebau und Konstruktives Entwerfen (Gesamtprojektleitung)

Michael Bucherer  
Pockelsstraße 3 | 38106 Braunschweig  
Tel +49 531 391-2544 | iike@tu-braunschweig.de  
www.tu-braunschweig.de/iike

### Autorenvermerk

Der vorliegende Teil des Forschungsberichtes wurde - sofern nicht anderweitig gekennzeichnet - gemeinsam durch die folgenden Autorinnen und Autoren verfasst:

Bucherer, M.; Clausen, U.; Herrmann, C.; Hoffschröer, H.; Juraschek, M.; Kreuz, F.; Langer, V.; Reicher, C.; Roth, C.; Schmidt, A.; Söfker-Rieniets, A.; Sonntag, R.; Spengler, A.; Thiede, S.; Vossen, B.

Folgende Gast- und Fachautoren haben ergänzende Fachbeiträge geleistet:

Isa, S.:	Kapitel 3.1	Megatrends wirken auf Stadt u. Unternehmen (Co-Autorin)
Augat, M.:	Kapitel 6.1.2	Fallstudie Lastenrad (Co-Autorin)
Weber, R.:	Kapitel 6.2.2	Erfahrungsbericht eines Beiratsmitglieds (Autor)

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Die Inhalte dieser Publikation wurden unter größter Sorgfalt zusammengestellt. Eine Haftung für die Richtigkeit der Informationen ist ausgeschlossen.

### Lesehinweis

Für die sprachliche Gleichstellung von Männern und Frauen existieren bislang keine einheitlich anerkannten Regelungen. Auch wenn einzelne Formulierungen der jeweiligen Autorinnen und Autoren dieses Berichtes nicht beidseitig geschlechtergerecht gestalten sein sollten, sind selbstverständlich auch in diesen Fällen stets die Angehörigen beider Geschlechter gemeint - es sei denn, es ist explizit anders vermerkt.



## Forschungsteam

### Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Förderkennzeichen 03ET1311A

#### IIKE - Institut für Industriebau und Konstruktives Entwerfen (Gesamtprojektleitung)

Univ.-Prof. Mag.Arch. M.Arch. Carsten Roth  
 Dipl.-Ing. M.Arch. Michael Bucherer  
 Dipl.-Ing. Regina Sonntag RIBA  
 Pockelsstraße 3 | 38106 Braunschweig  
 Tel +49 531 391-2544 | iike@tu-braunschweig.de  
 www.tu-braunschweig.de/iike

#### IWF - Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering  
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann  
 Dr.-Ing. Sebastian Thiede  
 Max Juraschek, M. Sc.  
 Langer Kamp 19b | 38106 Braunschweig  
 Tel +49 531 391-7149 | iwf@tu-braunschweig.de  
 www.tu-braunschweig.de/iwf/pul

### Technische Universität Dortmund

Förderkennzeichen 03ET1311B

#### ITL - Institut für Transportlogistik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen  
 Dr.-Ing. Sven Langkau  
 Felix Kreuz, M. Sc.  
 Leonhard-Euler-Straße 2 | 44227 Dortmund  
 Tel +49 231 755-6336 | info@itl.tu-dortmund.de  
 www.itl.tu-dortmund.de

#### STB - Fachgebiet Städtebau, Stadtgestaltung und Bauleitplanung

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Christa Reicher  
 Dipl.-Ing. Holger Hoffschroer  
 Dipl.-Ing. Anne Söfker-Rieniets  
 Benjamin Vossen, M.Sc.  
 August-Schmidt-Str. 10 | 44221 Dortmund  
 Tel +49 231 755-2241 | stb.rp@tu-dortmund.de  
 www.staedtebauleitplanung.de

### Universität Duisburg-Essen

Förderkennzeichen 03ET1311C

#### ISS - Institut für Stadtplanung und Städtebau

Uni.-Prof. em. Dr.-Ing. M.Arch. J. Alexander Schmidt  
 Dipl.-Ing. (FH) Arnim Spengler, M.Sc.  
 Universitätsstraße 15 | 45141 Essen  
 Tel +49 201 183-0 | alexander.schmidt@uni-due.de  
 www.uni-due.de/staedtebau

### Tapping Measuring Technology GmbH

Förderkennzeichen 03ET1311D

Volker Langer  
 Mauri Uusitalo  
 Hagener Str. 103 | 57072 Siegen  
 Tel +49 271 4014-359 | contact@tmt.com  
 www.tmt.com

## Projektpartner

### Battery LabFactory Braunschweig

Langer Kamp 8 | 38106 Braunschweig  
Tel +49 531 391-94663 | blb@tu-braunschweig.de  
www.tu-braunschweig.de/forschung/zentren/blb

### Flughafen Dortmund GmbH

Martin Runte  
Flugplatz 21 | 44319 Dortmund  
Tel +49 231 9213-01 | service@dortmund-airport.de  
www.dortmund-airport.de

### F&A Manufaktur GmbH

Fabian Kortwittenborg  
Hannöversche Straße 22 | 44143 Dortmund

### PIA-Stiftung

Hendrik Konietzny  
Robin Schmidt  
Benjamin Triestram  
Hans-Böckler-Platz 10 | 45468 Mülheim an der Ruhr  
Tel +49 208 8485-710 | info@pia-stiftung.de  
www.pia-stiftung.de

## Danksagungen

Das Forschungsteam von Urban Factory möchte besonders den folgenden Personen für das kontinuierliche Einbringen ihrer Expertise im Rahmen ihrer Beiratstätigkeit danken:

Prof. Dr.-Ing. Gerald Ebel  
Ralf Finger  
Dirk Fromme  
Ulrich Kaak  
Tobias Oehlschlaeger  
Hans-Joachim Rieks  
Prof. Dr.-Ing. Johanna Schoppengerd  
Christian Teipel  
Rainer Weber  
Stefan Wende

Zudem danken wir unseren ehemaligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Masteranden und Wissenschaftlichen Hilfskräften für ihre unterstützende Zuarbeit:

Vanessa Fahrenholz  
Dr.-Ing. Christiane Geiger  
Lars Krüger  
Nina Lehrum  
Zoran Miodrag  
Dr. Nasrollah Mozhdehi  
Fatemeh Nouri  
Antonino Petronio  
Dr.-Ing. Fabian Schnabel  
Erdal Tanrikulu  
Dr.-Ing. Carina Thaller  
Franziska Vogtland  
Benjamin Willenbrock



## Zusammenfassung

Produktion, Wertschöpfung und die Herstellung von Gütern ist ein integraler Teil des urbanen Raumes. Im Zuge vielfältiger Veränderungsprozesse wurden und werden in Deutschland Produktionsstätten an den Stadtrand, ins Ausland oder auf die grüne Wiese verdrängt. Über die historische Entwicklung von Städten und Fabriken wurden unterschiedliche regionale und epochale Herangehensweisen verfolgt, die mehrfach zur oftmals aufeinander folgenden Verbindung und Trennung dieser Systeme führten. Im Ergebnis dieser Entwicklungen finden sich heute viele Produktionsstätten in der Stadt, die ursprünglich nicht für den Betrieb in der unmittelbaren Nähe zu anderen urbanen Akteuren ausgelegt wurden. Die dabei entstehenden Herausforderungen verhindern oder erschweren die Nutzung von existierenden Ressourceneffizienzpotenzialen. Es fehlt an geeigneten Methoden und Werkzeugen, die möglichen positiven Effekte der symbiotischen Verbindung von urbanem Raum und Produktionsstätten effektiv verwertbar machen.

Das Forschungsvorhaben „Urban Factory – Entwicklung ressourceneffizienter Fabriken in der Stadt“ verbindet die Fachdisziplinen Industriebau, Produktion, Städtebau, Logistik und Energiedesign unter Einbezug von Unternehmen, Kommunen, Versorgungsunternehmen und BürgerInnen in einem „Forschungsnetzwerk Urbane Fabrik“. Zentrales Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen Forschungsvorhaben ist die Ausweitung auf Technologien und Maßnahmen, die die Effizienzsteigerung im Handlungsrahmen der gemeinsamen Ressourcen von Stadt und Fabrik ermöglichen und in der Betrachtung die Stadtgesellschaft einbeziehen. Der Verdrängung von Fabriken und damit der Abwanderung von Arbeitsplätzen, Innovationen, Wertschöpfung und Produkten wird entgegengewirkt und neue bzw. bestehende Fabriken können für die Stadtgesellschaft positiv wirksam und selbst gestärkt werden. Die Verbindung der Disziplinen Produktion, Stadtentwicklung, Verkehr/Logistik, Energiedesign und Industriebau zielt auf die gemeinsame Erfassung der zentralen Handlungsfelder der urbanen Produktion ab, basierend auf der These, dass Fabriken im urbanen Raum durch Kooperation mit der umgebenden Stadt gemeinsame, zusätzliche Effizienzpotenziale erschließen und nutzen können. Hierfür ist eine grundlegende Untersuchung der Vernetzung von Stadt und Fabrik notwendig. Dies bedeutet einen (stadt-)gesellschaftlichen Paradigmenwechsel, der akteur-, disziplin- und systemübergreifend wirkt.

Im Forschungsvorhaben Urban Factory wurde eine Wissensplattform zur Energie- und Ressourceneffizienz von Industrie und Produktion in der Stadt entwickelt basierend auf einem theoretischen Rahmen mit stetiger Ergänzung durch Modellvorhaben in der Praxis. Begleitend wurden unterschiedliche Unternehmen sowie Stadtstrukturen analysiert. Das entwickelte Vorgehen zur Analyse urbaner Produktion aus diesem Systemverständnis heraus ermöglicht die im Zusammenspiel mit den Pilotprojekten erfolgte Ableitung von Methoden für die Bewertung und Identifikation von Effizienzmaßnahmen aus einer disziplinübergreifenden Perspektive. Die gemeinsame Grundlage bilden dabei die Austauschbeziehungen von Fabrik und Quartier im urbanen Kontext, deren Operationalisierung in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten erfolgte. Mehrere Analysebausteine wurden erstellt und können für spezifische Anwendungsfälle kombiniert werden. Die Untersuchung von Referenzprojekten sichert eine allgemeingültige Ableitung sinnvoller Maßnahmen in Form vernetzter Planungsmethoden und konkreter technologischer Bausteine, die die Übertragbarkeit der Projektergebnisse sicherstellen. Im Verbundprojekt wurden drei Pilotprojekte untersucht und begleitet, die jeweils unterschiedliche Rahmenbedingungen, Herausforderungen und Untersuchungsfelder aufweisen. Zudem wurde ein Modellversuch zu Elektromobilität im Verlauf des Projekts durchgeführt.

Im Verbundprojekt konnte gezeigt werden, dass im Sinne der Ressourceneffizienz einer urbanen Fabrik eine funktionale, räumliche und zeitliche Ebenen übergreifende Betrachtung notwendig ist. Dazu bedarf es jedoch zunächst der Identifikation und Überwindung trennender physischer und immaterieller Elemente. In den aus der Trennung der Systeme Stadt und Fabrik resultierenden Unterschieden, die je nach Standort größer oder kleiner ausfallen können, besteht derzeit eine der größten Hürden für die Schaffung zusätzlicher Effizienzpotenziale. Im Rahmen des Forschungsprojekts Urban Factory wurden acht Ressourcen als zentrale Handlungsfelder der ressourceneffizienten Integration von Fabriken in der Stadt identifiziert. Mit diesem Bezugssystem der gemeinsam genutzten, urbanen Ressourcen wird es möglich, die Austauschbeziehungen zwischen Stadt und Fabrik

strukturiert zu identifizieren und damit auch bewertbar zu machen. Die Ressourcen beschreiben somit den Aktivitätsrahmen, in dem Maßnahmen und Konzepte umgesetzt werden können, und bieten dabei gleichzeitig eine Methode, mit der Externalitäten und Zielkonflikte erfasst werden können.

Die Projektergebnisse wurden für den Wissenstransfer und die Ergebnisverwertung in einem interdisziplinären Werkzeugkasten zusammengefasst. Darin enthalten sind entwickelte Methoden und Vorgehen zur Analyse urbaner Fabriken sowie eine strukturierte Informationssammlung, die die Übertragung der Projektergebnisse in unterschiedliche Anwendungskontexte erlauben. Die Basis bildet die Strukturierung entlang der Ressourcen der urbanen Fabrik. Darauf aufbauend wurde eine Sammlung von Maßnahmen in Form von Steckbriefen geschaffen. Diese Steckbriefe können durch die relevanten Akteure als Katalog eingesehen oder systematisch für Anwendungsszenarien mittels der Eingabe von Suchkriterien identifiziert werden, wofür ein Bewertungsvorgehen entwickelt wurde. Mit der Identifikation und Umsetzung von Maßnahmen in Fabrik und städtischem Quartier kann eine Steigerung der Ressourceneffizienz etabliert werden. Damit ergibt sich auch die Gelegenheit, beteiligte Akteure weiter zu sensibilisieren, ihnen entsprechendes Wissen zu vermitteln und Hürden abzubauen. Die im Projekt entwickelten Methoden und die geschaffene Sammlung von ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen bieten vielfach Anknüpfungspunkte zur Übertragung und Weiterentwicklung in zukünftigen Anwendungsfällen.

**Inhalt - Teil 2****Empirische Untersuchungen: Methoden, Ergebnisse, Schlussbetrachtung**

<b>5.0</b>	<b>Methoden der empirischen Untersuchung .....</b>	<b>3</b>
5.1	Optimierungsansätze in der Praxis – Pilotprojekte und Fallstudien.....	3
5.2	Expertennetzwerk Urbane Fabrik .....	6
5.3	Projektinitiativen im Themenbereich urbane Produktion .....	11
5.4	Bausteine für umfassenden Wissenstransfer .....	14
5.5	Literatur zu Kapitel 5 .....	15
<b>6.0</b>	<b>Empirische Untersuchungen .....</b>	<b>16</b>
6.1	Pilotprojekte.....	16
6.2	Pilotprojekt I: BLB Braunschweig .....	17
6.2.1	BLB: Analyse IST-Zustand .....	19
6.2.2	BLB: Potential- und Einflussanalyse.....	60
6.2.3	BLB: Maßnahmenkatalog .....	63
6.2.4	BLB: SOLL-Zustand.....	66
6.2.5	BLB: Zusammenfassung .....	67
6.3	Pilotprojekt II: eLastenrad, Dortmund & Mülheim a.d.R.....	69
6.3.1	IST Zustand .....	69
6.3.2	Potential- /Einflussbewertung: Außerbetrieblicher Anwendungsfall .....	71
6.3.3	Potential- /Einflussbewertung: Innerbetrieblicher Anwendungsfall.....	77
6.3.4	Potential- /Einflussbewertung: Allgemein .....	84
6.3.5	Maßnahmenkatalog .....	88
6.3.6	SOLL Zustand.....	90
6.4	Pilotprojekt III: Siegen-Geisweid .....	92
6.4.1	Projektverlauf aus Unternehmenssicht .....	92
6.4.2	Fachbereich Produktionssysteme.....	106
6.4.3	Fachbereich Industriebau .....	106
6.4.4	Fachbereich Logistik .....	107
6.4.5	Sichtweise Energiedesign.....	107
6.5	Modellversuch I: Elektromobilität in der Distribution .....	114
6.6	Expertennetzwerk Urbane Fabriken .....	116
6.6.1	Zusammenarbeit mit dem Beirat.....	119
6.6.2	Erfahrungsbericht Rainer Weber (Mitglied des Beirats) .....	127
6.7	Bausteine für den Wissenstransfer .....	128
6.7.1	Wissensplattform und „Werkzeugkasten Urbane Produktion“.....	128
6.7.2	Veröffentlichungen .....	133
6.7.3	Teilnahme an Veranstaltungen und Vorträge .....	134
6.7.4	Hackathon – „HoloHack“ .....	136
6.8	Literatur zu Kapitel 6 .....	138

<b>7.0</b>	<b>Schlussbetrachtung .....</b>	<b>141</b>
7.1	Kurzzusammenfassung des Forschungsvorhabens .....	141
7.2	Einordnung der Projektergebnisse.....	142
7.3	Trans- und interdisziplinäre Zusammenarbeit.....	143
7.4	Umsetzung und Herausforderungen in der Praxis.....	144
7.5	Anschlussfähigkeit und Ausblick .....	145
7.6	Literatur zu Kapitel 7 .....	146
Abbildungsverzeichnis .....		VII
Tabellenverzeichnis .....		X



## 5.0 Methoden der empirischen Untersuchung

### 5.1 Optimierungsansätze in der Praxis – Pilotprojekte und Fallstudien

Das Forschungsvorhaben Urban Factory entwickelt die angestrebte Wissensplattform zur Energie- und Ressourceneffizienz von Industrie und Produktion in der Stadt mit stetigem Input und einer Validierung durch Modellvorhaben in der Praxis. Begleitend wurden unterschiedliche Unternehmen sowie Stadtstrukturen analysiert. Diese Untersuchung von Referenzprojekten sichert eine allgemeingültige Ableitung sinnvoller Maßnahmen in Form vernetzter Planungsmethoden und konkreter technologischer Bausteine, die die Übertragbarkeit der Projektergebnisse sicherstellen. Im Verbundprojekt wurden drei Pilotprojekte untersucht und begleitet, die jeweils unterschiedliche Randbedingungen, Herausforderungen und Untersuchungsfelder aufweisen. Zudem konnte ein Modellversuch im Verlauf des Projekts durchgeführt werden (siehe Kapitel 6.5). Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Kapitel 6 dargestellt und erläutert. Im folgenden Abschnitt ist eine kurze Darstellung der Ausgangslage der Praxisvorhaben zusammengefasst.

Die Pilotprojekte wurden ausgewählt, um möglichst exemplarisch die in Kapitel 4 dargestellten Hypothesen zu bearbeiten. Hierbei verfolgt das Pilotprojekt „Battery LabFactory Braunschweig“ (BLB) einen ganzheitlichen Ansatz und wurde von allen beteiligten Disziplinen bearbeitet. Im Pilotprojekt „eLastenrad“ wurde das Potenzial von elektrischen Lastenrädern in der Distribution untersucht. Folglich stehen logistische und verkehrliche Aspekte im Fokus der Untersuchung. Der Fokus des Pilotprojekts „Energie für Geisweid“ geht stärker auf die energetischen Aspekte ein, wobei auch hier die Interdisziplinarität im Vordergrund stand.

#### Pilotprojekt I: BLB Battery LabFactory Braunschweig

BLB – Battery LabFactory Braunschweig Anwendungspartner		
Adresse	Langer Kamp 19 38106 Braunschweig	  EINE EINRICHTUNG DES 
Branche	Maschinenbau	
Forschungsaspekte	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Flächeneffizienz Betriebshof</li><li>▶ Gebäudelebenszyklus, Schnittstelle Anlage-Bauwerk</li><li>▶ Energie- und Ressourceneffizienz</li><li>▶ Transportlogistik / Elektromobilität</li><li>▶ Anwohnerpartizipation</li></ul>	
Kurzbeschreibung	<p>Die Einrichtung Battery Lab Factory Braunschweig in Braunschweig erforscht das Produkt Batterie sowie die Produktion von Batteriezellen. Besondere und gleichzeitig typische Herausforderungen ergeben sich durch die nahe Wohnbebauung und die Einrichtungen der TU Braunschweig.</p> <p>Darüber hinaus stellen die besonderen Produktionsprozesse hohe Ansprüche an die Kommunikation und Integration in die Umgebung an diesem urbanen Standort.</p>	




--------------------------------------------------------------------------------------

Tabelle 5.1-1: Übersicht Pilotprojekt I: Battery LabFactory, Braunschweig

## Pilotprojekt II: eLastenrad, Dortmund

Ein Ansatz, um urbane Fabriken ressourcensparender und damit stadtverträglicher zu gestalten, besteht im Einsatz von Lastenrädern. Gegenstand dieses Pilotprojekts bildet die Ableitung von Einsatzmöglichkeiten und -grenzen des Lastenrads für den außer- und innerbetrieblichen Gütertransport. Die außerbetrieblichen Transporte wurden exemplarisch an der PIA-Stiftung, die innerbetrieblichen Transporte am Beispiel des Dortmunder Flughafens untersucht. Um sinnvolle Erkenntnisse über die Einsatzfähigkeit von Lastenrädern zu gewinnen, ist eine Spezifikation des Lastenrads für den jeweiligen Anwendungsfall erforderlich, welche durch die F&A Manufaktur getätigt wurde. Innerhalb der Fallstudie wurden innerbetrieblichen Transporte anstelle des Pkws mit dem Lastenrad durchgeführt. Nach der Konstruktion und Herstellung des Lastenrads durch die F&A Manufaktur ist eine Erprobung für etwa ein halbes Jahr seitens des Airports Dortmund vorgesehen gewesen.

Eine zentrale Herausforderung, die sich bei der Verlagerung der Einkaufsfahrten des Lieferservice „Shop & Go“ auf das Lastenrad stellt, besteht in den Eigenschaften der Transportwaren: Bei den zu befördernden Einkäufen handelt es sich neben Gebrauchsgütern, wie z.B. Bekleidung, auch um Verbrauchsgüter, zu denen insbesondere Lebensmittel zählen. Sie umfassen daher Waren verschiedener Temperaturbereiche, beispielweise Tiefkühl-, Kühl- und Trockenware. Während des Transports sind daher besondere gesetzliche Bestimmungen zu befolgen. Trotz des spezifischen Zuschnitts des Lastenrads sollte die Übertragbarkeit der Ergebnisse gewährleistet sein. Dies wurde erreicht, indem die Auswirkungen der Güteeigenschaften auf die Fahrradkonstruktion dokumentiert wurden. Zudem konnten die gesammelten Erkenntnisse, z.B. zur Pragmatik und Akzeptanz, stets im Zusammenhang mit der genutzten Fahrradkonstruktion interpretiert werden.

PIA-Stiftung – Stiftung für integrierte Stadtentwicklung Anwendungspartner		
Adresse	Hans-Böckler-Platz 10 45468 Mülheim an der Ruhr	
Branche	Gemeinwesen	
Forschungsaspekte	► Einsatz eines Lastenrads zum außerbetrieblichen Transport und der Verteilung von Einkäufen	
Kurzbeschreibung	Die PIA-Stiftung für integrierte Stadtentwicklung widmet sich der Entwicklung von Städten, welche in gleichem Maße die Wünsche der darin lebenden Menschen als auch die zukünftigen Anforderungen der Städte selbst im Kontext der Globalisierung erfüllt. Kennzeichen der Stiftungsarbeit ist, dass Veränderungen nicht nur geplant, sondern stets auch eine Umsetzung in gleichberechtigter Zusammenarbeit mit allen Beteiligten erfahren. Die Referenzen der PIA-Stiftung umfassen die Regionalleitung für das Projekt „Metropolrad Ruhr“, dem Fahrradverleihsystem „RevierRad“ und den Lieferservice „Shop & Go“.	
Dortmund Airport – Cargo-Service Anwendungspartner		
Adresse	Flugplatz 21 44319 Dortmund	
Branche	Flughafen	
Forschungsaspekte	► Einsatz eines Lastenrads zum innerbetrieblichen Transport von Gütern	
Kurzbeschreibung	Jährlich schlägt der Cargo-Service am Dortmund Airport rund 6.000 Tonnen Luftfracht um. Mit seinen Dienstleistungen rund um den Cargo-Versand verbindet der Ruhrgebietsflughafen so die Region mit der Welt – und sichert auch mittelständischen und kleinen Unternehmen eine gut funktionierende Import- und Exportwirtschaft. Für einen reibungslosen Ablauf sorgen dabei alle relevanten Partner der Lieferkette, die gemeinsam im Luftfrachtzentrum des Dortmunder Flughafens angesiedelt sind und eng zusammenarbeiten: Spediteure, Fluggesellschaften, der Zoll und der Cargo-Service des Dortmund Airport. So gelangt schon in Dortmund die Fracht in die Obhut der Partner-Airlines und per Lkw zu Frachtflughäfen in Frankfurt, Luxemburg, oder Amsterdam. Als weitere Aufgabe übernimmt der Cargo-Service die Funktion des Zentralen-Wareneingangs für den gesamten Flughafen und den Vorort ansässigen Flugzeugtechnikern.	


F&A Manufaktur – Fahrrad und Adaptiv Bike Manufaktur Entwicklungspartner		
Adresse	Hannöversche Straße 22 44143 Dortmund	
Branche	Fahrradbranche	
Forschungs- aspekte	► Entwicklung eines Lastenrads zum Transport von Einkäufen	
Kurz- beschreibung	Die F&A Manufaktur baut, repariert, inspiziert und individualisiert Fahrräder. Ein Schwerpunkt liegt auf Lastenrädern, die von der F&A Manufaktur auf den jeweiligen Einsatzort und Verwendungszweck angepasst werden.	

Tabelle 5.1-2: Übersicht Pilotprojekt II: eLastenrad, Dortmund

### Pilotprojekt III: Energie für Geisweid, Siegen

Energie für Geisweid GmbH Anwendungspartner		
Adresse	Hagener Straße 103 57072 Siegen	
Branche	Energieversorger, Maschinenbau, Stahlverarbeitung	
Forschungs- aspekte	<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Steigerung der Ressourcen- bzw. Energieeffizienz des geplanten Fernwärmesystems</li><li>▶ Bildung von Wärmeinseln entlang der geplanten Fernwärmetrasse</li></ul>	
Kurz- beschreibung	<p>Die Energie für Geisweid GmbH verfolgt das Ziel ein auf die Region Siegen-Geisweid zugeschnittenes Konzept für die Nutzung industrieller Überschussenergien zu entwickeln. Die besondere Herausforderung stellen die heterogenen Unternehmen dar, die in das Fernwärmesystem eingebunden werden sollen. Darüber hinaus wird die Einbindung der ebenfalls heterogenen Struktur der anzuschließenden Abnehmer als Herausforderung wahrgenommen.</p>	

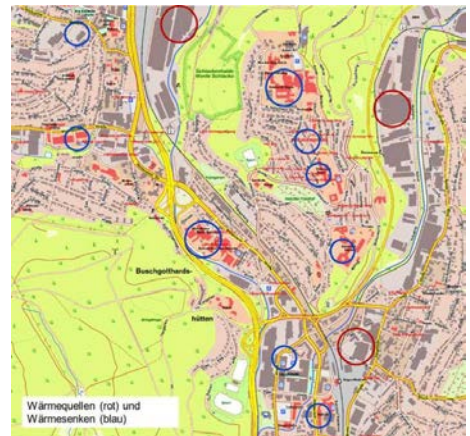


Tabelle 5.1-3: Übersicht Pilotprojekt III: Energie für Geisweid, Siegen

## 5.2 Expertennetzwerk Urbane Fabrik

Die in Kapitel 5.1 beschriebene, angestrebte Untersuchung kann nur gelingen, wenn Experten:innen mit fundierten wissenschaftlichen bzw. praktischen Fachkenntnissen interdisziplinär miteinander forschen. Im Rahmen der Untersuchungen zur Optimierung der urbanen Fabrik wurden daher die drei Teilsysteme Hochschule, Praxispartner und Beirat miteinander als offenes Netzwerk verknüpft.

### Aufbau eines interdisziplinären Hochschul-Forschungsnetzwerkes

Basis für den Aufbau der Forschungsvereinigung der drei Hochschulen war die Tatsache, dass die in Kapitel 3 bzw. Kapitel 4 beschriebenen Zusammenhänge des Stadt-Fabrik-Systems und der damit möglichen Austauschbeziehungen tiefgreifend mit der hohen Vernetzung von Fachkenntnissen der Forschenden verbunden ist. Abbildung 5.2-1 verdeutlicht schematisch den hohen Verflechtungsgrad der Fachbereiche.

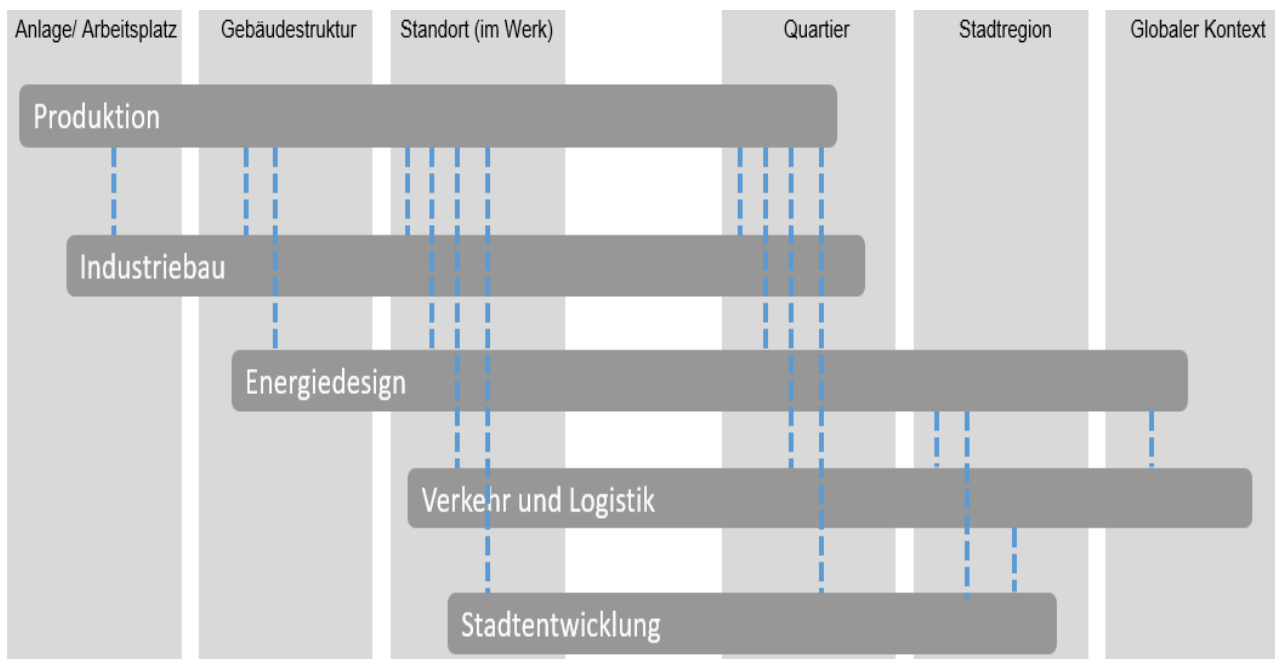


Abbildung 5.2-1: Vernetzung der Disziplinen auf den Betrachtungsebenen (© Urban Factory)

Aufbauend auf dieser Erkenntnis wurde ein Netzwerk aus Akteuren der in den vorherigen Kapiteln genannten Hochschuleinrichtungen (TU Braunschweig, TU Dortmund, Universität Duisburg-Essen) der Disziplinen Produktion, Stadtentwicklung, Logistik & Verkehr, Energiedesign und Industriebau aufgebaut.

Diese fünf Einrichtungen verfügen über umfangreiche wissenschaftliche Expertise und haben neben der wissenschaftlichen Begleitung u.a. die Untersuchung der Ausgangslage, die Identifikation möglicher Potentiale für die zukünftige Entwicklung von Optimierungspotentialen oder die Entwicklung von Werkzeugen für den Wissenstransfer erarbeitet. Das eng und konstant miteinander forschende initiale „Netzwerk Hochschulen“ (vgl. Abbildung 5.2-2) ist jeweils intern innerhalb der Hochschulen als auch extern zu verschiedenen fachnahen, weiteren Einrichtungen bzw. Unternehmen vernetzt.

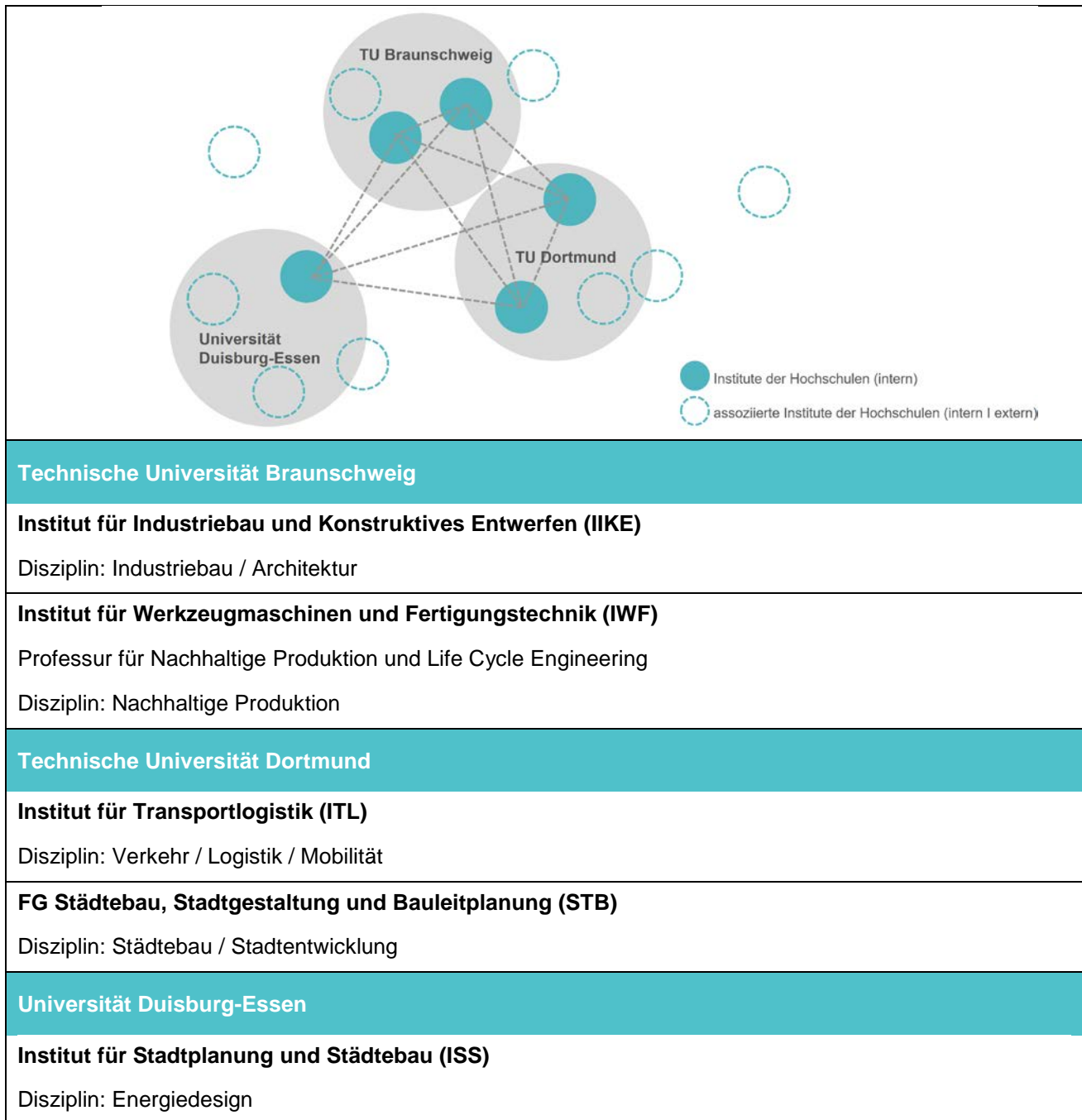


Abbildung 5.2-2: Darstellung der fachübergreifenden Vernetzung der Hochschulen (© Urban Factory)

## Hochschulen und Praxispartner

Im Sinne einer bereits im Antragsprozess angestrebten maximalen Praxisnähe in den Jahren 2014 und 2015 wurden zusätzliche Partner aus der Praxis in das Netzwerk aufgenommen bzw. an das Projekt gebunden. Direkt in das Projekt eingebunden wurden die Pilotprojekte „Battery Lab Factory I Braunschweig“, „eLastenrad I Dortmund“ und „Energie für Geisweid I Siegen“.

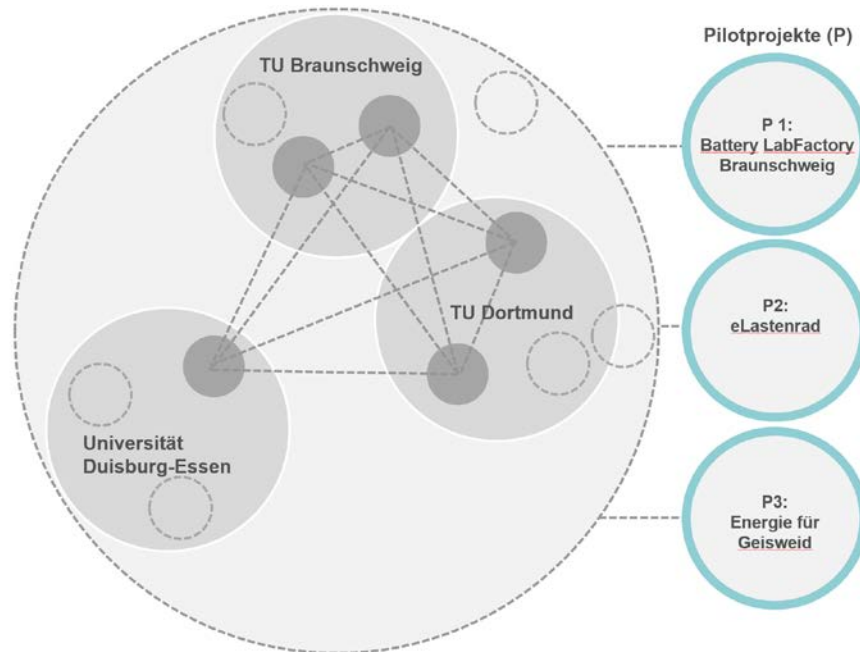
Innerhalb der jeweiligen Pilotprojekte sind die folgenden Partner mit ihrer für das Forschungsprojekt relevanten Expertise eingebunden:



### P3: Energie für Geisweid

#### Tapping Measuring Technology GmbH (TMT)

Expertise: Wärmeverteilung, Mess- und Prozesstechnologie



#### P1: Battery LabFactory (BLB)

##### TU Braunschweig

Konsortium der Battery LabFactory Braunschweig

Expertise: Forschung (Batterieproduktion)

#### P2: eLastenrad, Dortmund

##### F&A Manufaktur GmbH

Expertise: Mobilität (Fahrradproduktion)

##### Flughafen Dortmund GmbH

Expertise: Logistik

##### PIA-Stiftung

Expertise: Logistik

### P3: Energie für Geisweid

#### Tapping Measuring Technology GmbH (TMT)

Expertise: Wärmeverteilung, Mess- und Prozesstechnologie

Abbildung 5.2-3: Einbindung von Unternehmen – Pilotprojekte (© Urban Factory)

Die Untersuchung und Begleitung der Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen der Weiterentwicklung der Unternehmen in ihren jeweiligen Quartieren bzw. Städten sichert Praxisnähe und maximalen Wissenstransfer. Das Wissen wird von den Unternehmen in die Forschung und auch direkt aus den Hochschulen in die Projekte transferiert und validiert.

## Forschungsbeirat

Im dritten Schritt wurde das Netzwerk durch einen Beirat aus Experten:innen verschiedenster Disziplinen, Branchen bzw. deren spezifischen Netzwerken erweitert. Hierdurch soll die Arbeit der Forscher:innen kontinuierlich unterstützt sowie der Gang der Forschung und die Qualität der Arbeit überprüft und gesichert werden. Bei der Zusammensetzung des Forschungsbeirats wurde dabei auf eine weit gestreute Expertise, wie in Abbildung 5.2-4 dargestellt, geachtet:

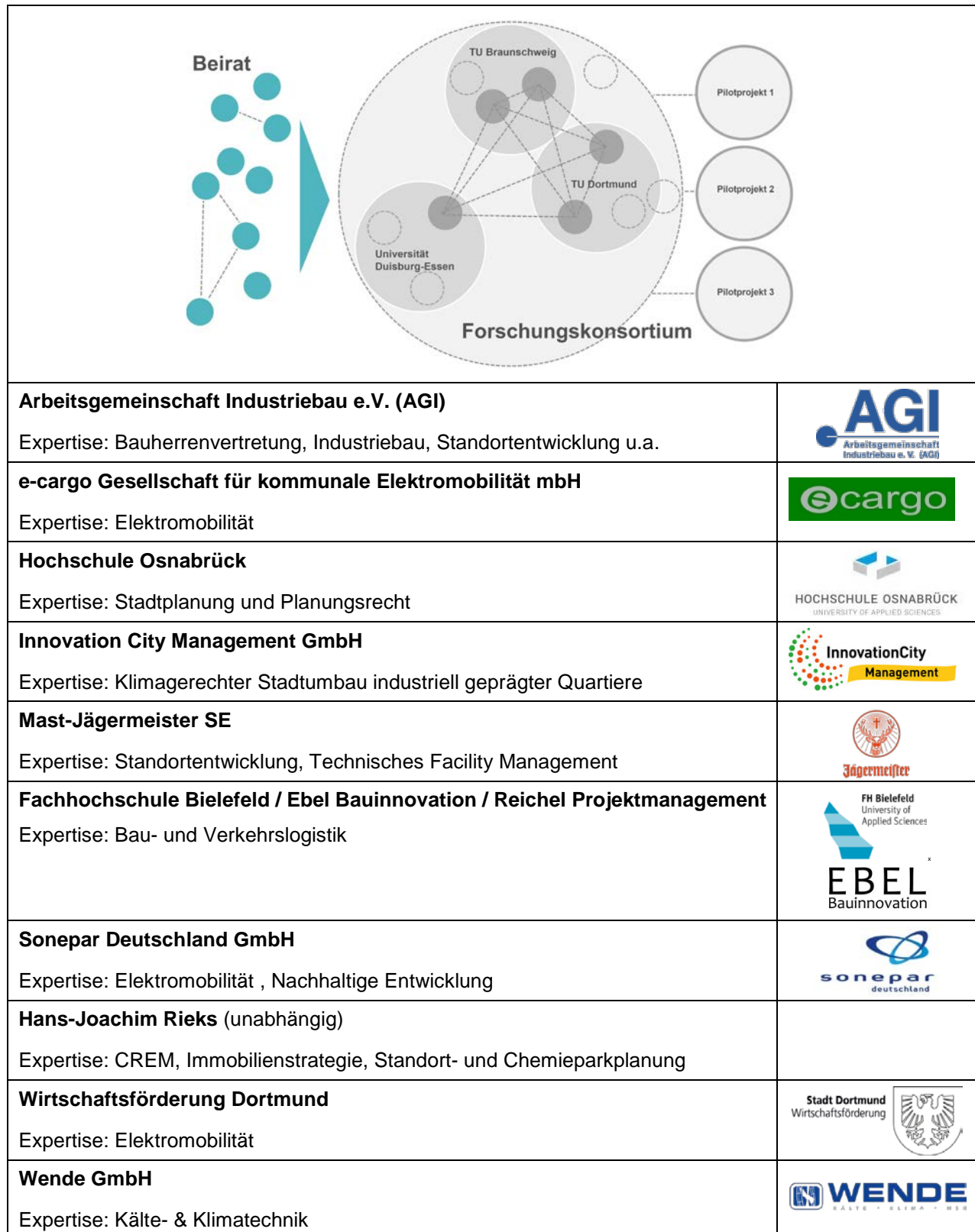


Abbildung 5.2-4: Einbindung von Unternehmen – Beirat (© Urban Factory)

Über den interdisziplinären Austausch quer durch die Disziplinen und Expertisen profitieren sowohl die Unternehmen der Pilotprojekte als auch in finaler Konsequenz die Qualität der Forschung von der Zusammenarbeit. Zusätzliches, sowohl wissenschaftliches als auch praktisches Wissen der Experten:innen kann unmittelbar in die Forschungsarbeit einfließen und die anschließende Übertragbarkeit der Ergebnisse schon während der Forschung vorbereiten.

Weitere konkrete Erläuterungen zu Inhalten und Ablauf der Zusammenarbeit mit dem Forschungsbeirat werden in Kap. 6.6 erläutert.

### Forschungsmittelgeber & wissenschaftliche Begleitforschung

Das Projekt wurde im Jahre 2015 beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit einer Laufzeit von drei Jahren bewilligt und kontinuierlich durch den Projektträger Jülich (PTJ) betreut.

Komplementär zu dem sich aus dem Forschungsprojekt entwickelnden, stetig wachsenden Urban-Factory-Netzwerk hinaus wurde im Laufe der Projektbearbeitung durch den Forschungsmittelgeber eine zusätzliche Plattform zum Wissensaustausch initiiert. Zur Unterstützung der Quervernetzung aller vom BMWi geförderten Projekte im Forschungsbereich „Energie in Gebäuden und Quartieren“ wurde unter dem Namen „Energiewendebauen“ eine wissenschaftliche Begleitforschung organisiert. Diese analysiert die vielen Technologieforschungs- und Modellprojekte im Forschungsbereich „Energie in Gebäuden und Quartieren“ und bereitet die Ergebnisse und Erkenntnisse projektübergreifend und methodisch abgesichert auf <https://projektinfos.energiewendebauen.de/forschung/begleitforschung>. Dabei konzentriert sich die Begleitforschung auf vier wesentliche Aufgaben:

- ▶ aus Projekten und Diskussionen heraus Forschungsfragestellungen für die Gebäudeenergie-technik aufzeigen
- ▶ datenbasierte Trendanalysen geben, auf deren Basis aktuelle technische Entwicklungen und ihre möglichen Potenziale bewertet werden können
- ▶ Trends und die zukünftig notwendige Technik im Gebäudebereich identifizieren
- ▶ eine höhere Transparenz und eine bessere Nachnutzung von Forschungsergebnissen durch ein überarbeitetes Berichtswesen sicherstellen.

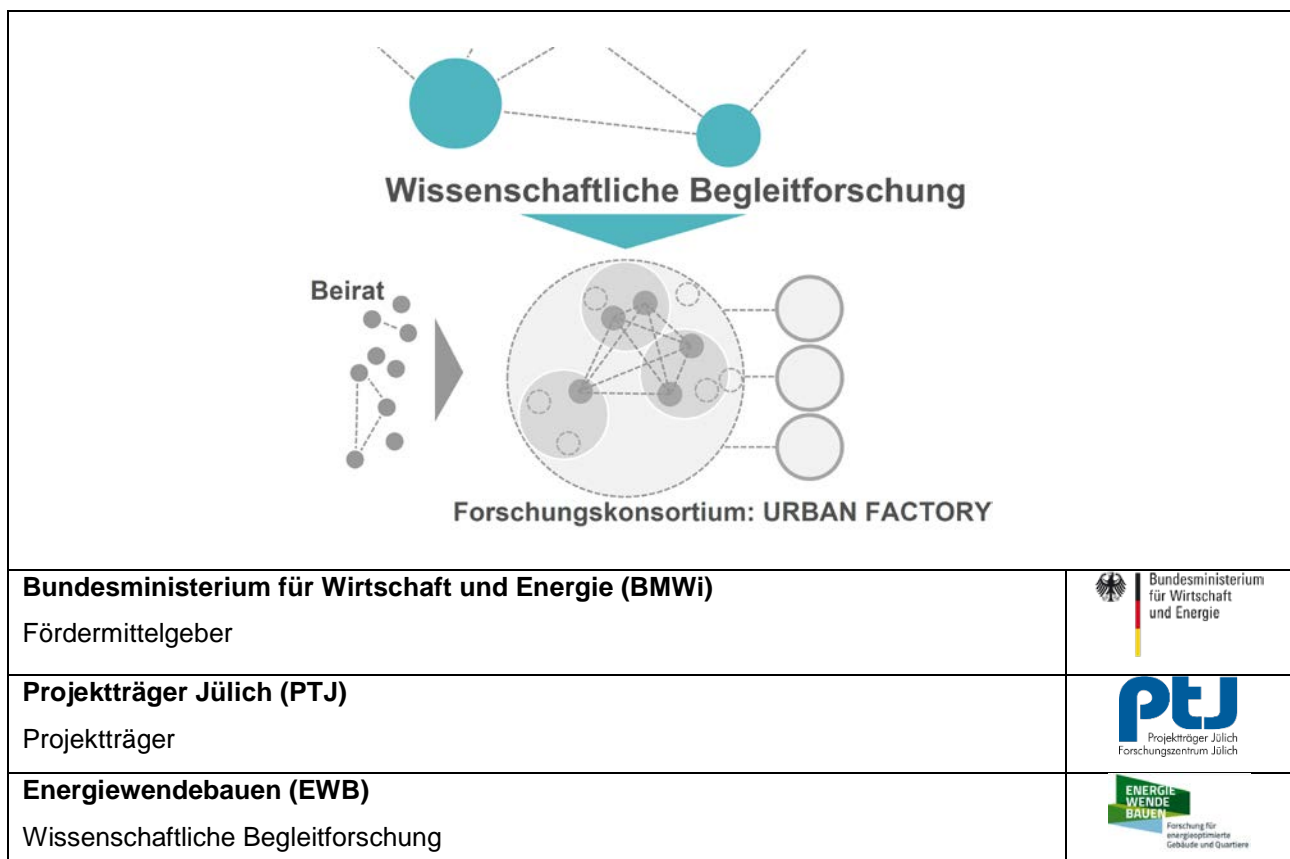




Abbildung 5.2-5: Einbindung der wissenschaftlichen Begleitforschung (© Urban Factory)

Das Forscherteam im Projekt Urban Factory hat sich regelmäßig aktiv in dieses Netzwerk eingebracht (siehe Abbildung 5.2-6). Neben der ausführlichen Darstellung des Projekts auf der sog. Projektlandkarte (siehe <https://projektinfos.energiewendebauen.de/projektlandkarte>) war die Teilnahme an den halbjährlichen Projektleitertreffen zentrales Element zum Wissensaustausch. In diesem Rahmen wurde z.B. am 06. Dezember 2017 in Berlin das Projekt vorgestellt und intensiv diskutiert.

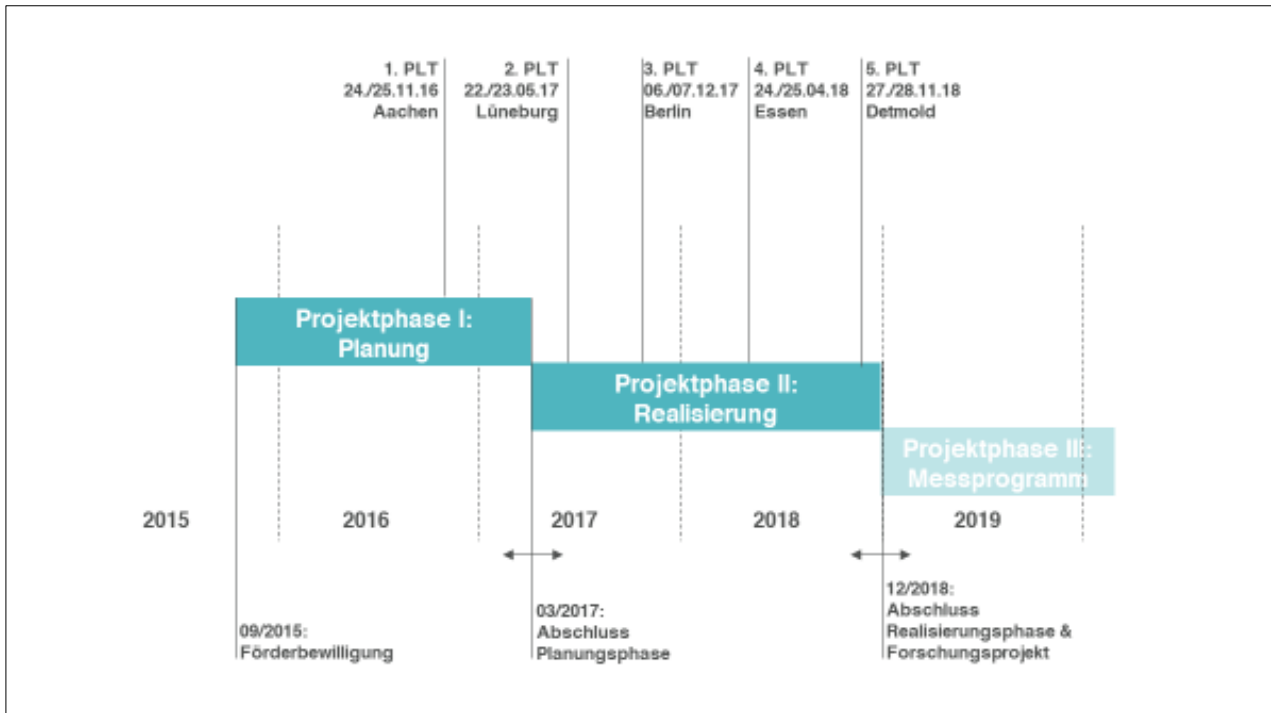


Abbildung 5.2-6: Zeitschiene Projektleitertreffen (© Urban Factory)

Das Forschungsprojekt Urban Factory hat während seiner Laufzeit erfolgreich ein interdisziplinäres Netzwerk relevanter Akteure der urbanen Produktion etabliert und um in Rahmen der Pilotprojekte identifizierte, relevante Akteure sowie über Kontakte aus Veranstaltungen, Veröffentlichungen (siehe auch Kap. 6.7) und bestehenden Netzwerken erweitert. Hierdurch konnte das Systemverständnis des Fabrik-Stadt-Systems und die Möglichkeiten dieses im Sinne einer energie- und ressourceneffizienten Stadt sowie der positiven Integration von Produktion im urbanen Raum zu gestalten aus vielschichtiger Perspektive beleuchtet werden.

Zur Schaffung zusätzlicher Ressourceneffizienz durch Kooperation der relevanten Akteure gilt es dieses Netzwerk zukünftig und in Folgevorhaben zu pflegen und um weitere Expert:innen und Disziplinen zu erweitern, um erfolgreiche Forschungs- und Umsetzungsansätze schneller in die Praxis überführen zu können. Die Bausteine für den Wissenstransfer aus dem Forschungsprojekt werden durch das Expertennetzwerk als Katalysator mit einer signifikant erhöhten Reichweite ausgezeichnet sein.

### 5.3 Projektinitiativen im Themenbereich urbane Produktion

Im Zuge der kontinuierlichen Recherche zu projektrelevanten Inhalten und Ergebnissen Dritter pflegte das Projektteam eine Informationssammlung. Die Ergebnisse der darin verzeichneten, bekannten Projekte wurden im Rahmen der Ausarbeitung des Projekts Urban Factory verfolgt und, sofern relevant, in der weiteren Ausarbeitung im Projekt beachtet. Auch wurde eine aktive Vernetzung gesucht. So wurde beispielsweise ein inhaltlicher Austausch mit dem regional fokussierten Forschungsprojekt MIA – Made in Aachen aktiv bei mehreren Veranstaltungen und Treffen durchgeführt. Ein Auszug aus der Informationssammlung zu weiteren Projektinitiativen im Themenbereich urbane Produktion im deutschsprachigen Raum ist in Tabelle 5.3-1 dargestellt. Forschungsinitiativen und -projekte, die bereits vor dem Start des Verbundvorhabens „Urban Factory“ abgeschlossen oder bearbeitet worden, sind in die Antragsstellung und Aufstellung des Arbeitsplans integriert worden.

Mit der Auswertung weiterer aktueller Projektinitiativen im Themenbereich urbane Produktion konnte festgestellt werden, dass urbane Produktion als Forschungsthema in Deutschland aktuell aus mehreren Perspektiven und fachlichen Hintergründen erschlossen wird. Dies geht aus der Unterschiedlichkeit der thematischen Fokussierung der Projekte hervor, die von der energetischen Verbesserung eines Produktionssystems (Fraunhofer Ultraeffizienzfabrik) über die Herausforderungen der Logistik in Ballungsräumen (VDI) bis hin zu wirtschaftsgeographischen Betrachtungen (RWTH Aachen) reicht. Gleichmaßen zeigt sich auch eine ähnliche Diversität bei der Analyse der Fördermittelgeber der Projekte. Auch hier ist eine große Bandbreite von Bundesministerien (BMWi, BMBF), Landesministerien (MWEBWV NRW) und weiteren Akteuren (Fraunhofer, VDI) zu finden. Dies zeigt, dass urbane Produktion eine Vielzahl aktueller Herausforderungen in der Gesellschaft betrifft und Potenziale in vielen Bereichen besitzt.

Konkret die Verbindung aus dem Produktionssystem über die Betrachtungsfelder des Gebäudes, des Standorts, der Logistik und Mobilität, des Energiedesigns sowie der Stadtplanung weist keines der ausgewerteten Projekte auf. Dies ist, ebenso wie der auf Übertragbarkeit und Transfer ausgerichtete Wissenstransfer unabhängig vom lokalen Kontext der Projektbearbeitung, ein Alleinstellungsmerkmal des Verbundprojekts Urban Factory.

Tabelle 5.3-1: Ausgewählte Projektinitiativen zu urbaner Produktion

Projekttitel	Partner	Laufzeit	Fördermittelgeber	Verortung	Publikationen (Auswahl)
<b>Morgenstadt / Stadt der Zukunft</b>	Fraunhofer	2014 – n.n.	Fraunhofer Gesellschaft, Industriepartner	Stuttgart und weitere.	[1] – [4]
<b>Made in Aachen - MIA</b>	RWTH Aachen, Stadt Aachen	01.08.2016-31.07.2019	BMBF, DLR	Aachen	[5] – [11]
<b>Urban Production</b>	Institut für Nachhaltigkeits- und Immobilienmanagement der Hochschule Mittweida	seit 2017	n.n.	Mittweida	[12], [13]
<b>Urbane Produktion - Dynamisierung stadtreionaler Arbeitsmärkte durch Digitalisierung und Industrie 4.0?</b>	RWTH Aachen, Universität Köln	01.09.2016-31.08.2018	Forschungsinstitut für gesellschaftliche Entwicklung NRW	NRW	[8]
<b>Urban Factory - Entwicklung ressourceneffizienter Fabriken in der Stadt</b>	TU Braunschweig, TU Dortmund, Universität Duisburg-Essen, TMT GmbH	2015-2018	BMWi	Braunschweig, Dortmund, Siegen	[14], [15], [24], [25], [16] - [23]
<b>Energetisches Nachbarschafts-quartier Fliegerhorst Oldenburg</b>	Konsortium von 10 Partnern unter Koordination des OFFIS e.V.	01.01.2018-31.12.2022	BMWi, BMBF	Oldenburg	
<b>Produktion zurück ins Quartier</b>	Institut Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen	2015-2017	Ministeriums für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen	Gelsenkirchen	[26]
<b>Urbane Produktion und Logistik</b>	VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.	n.n.	VDI	n.n.	[27] - [29]
<b>Urbane Produktion - zurück in die Stadt</b>	Westfälische Hochschule Gelsenkirchen, Hochschule Bochum, die Urbanisten e.V., Wirtschaftsförderung Bochum WiFö GmbH	01.10.2016 31.12.2019	BMBF	Bochum	[30], [31]

## 5.4 Bausteine für umfassenden Wissenstransfer

Der Wissenstransfer ist ein zentrales Ziel des Projekts Urban Factory. Basierend auf den erarbeiteten theoretischen Grundlagen und Methoden soll in Verbindung mit den empirischen Ergebnissen aus den Pilotprojekten und Modellversuchen ein „Werkzeugkasten“ entstehen, der vielfältig in Praxis und Forschung einsetzbar sein soll. Dieser zu entwickelnde Methodenbaukasten erlaubt mittel- und langfristig die gezielte Übertragung der Ergebnisse und Methoden auf andere Unternehmen in ihrem jeweiligen urbanen Kontext. Für verschiedene konkrete urbane Fabriken und Standorte lassen sich so zum einen die unterschiedlichen Möglichkeiten der Ressourceneffizienz ermitteln. Zum anderen lassen sich hieraus die Möglichkeiten der Integrations- und Zukunftsfähigkeit von Fabriken in unterschiedliche städtische Räume ableiten. Damit wird eine Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz von wirtschaftlichen Unternehmen im urbanen Kontext ermöglicht und der gesamtwirtschaftliche Entwicklungsprozess vorangetrieben. Für die strukturierte Erarbeitung der Bausteine für den Wissenstransfer wurden Arbeitsfelder mit korrespondierenden Arbeitsgruppen geschaffen. Eine Übersicht über diese Arbeitsfelder ist in Abbildung 5.4-1 dargestellt. Für jedes Feld wurde eine jeweils eigene Kombination der beteiligten Forschungsdisziplinen zusammengestellt, die einen Transferbaustein erarbeitet. Als Transferbausteine wurden beispielsweise Publikationen in Fachzeitschriften veröffentlicht, ein Forschungsbericht zu den Ressourcen der urbanen Produktion erstellt und eine Sammlung von ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen generiert.

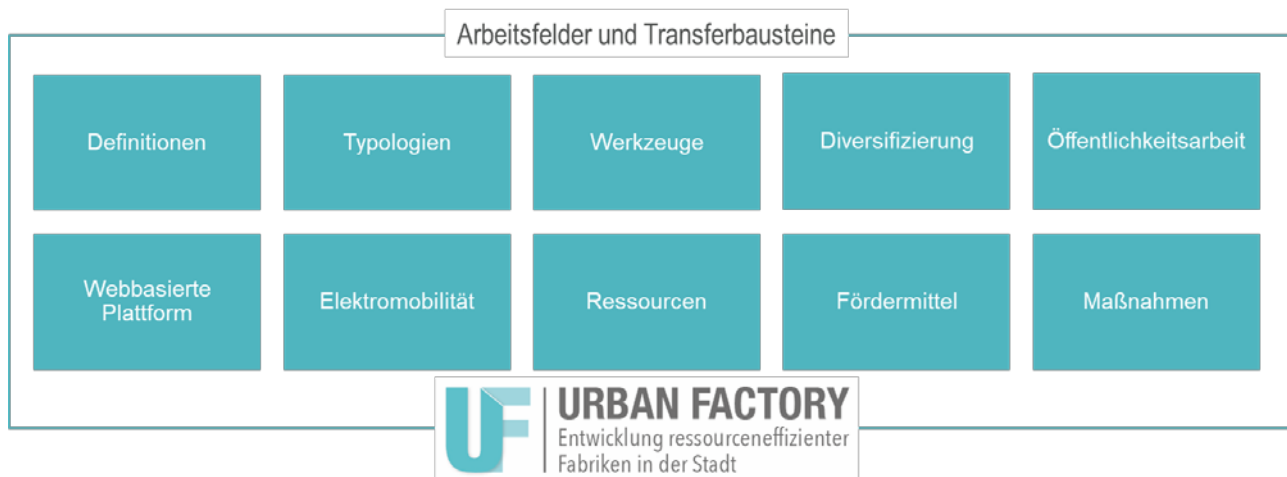


Abbildung 5.4-7: Arbeitsfelder des Forschungsprojekts Urban Factory für die Entwicklung von Transferbausteinen

Basierend auf dem Methodenbaukasten entsteht mit dem Projekt eine Datenbank von ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen als zentraler Baustein für den Wissenstransfer. Ein geeignetes Userinterface ermöglicht die Anwendung durch Unternehmen, Organisationen, beteiligten Forschungseinrichtungen und öffentlichen Trägern wie Städten und Kommunen. Ausgehend von der theoretischen und empirischen Ermittlung der Einflussfaktoren und Austauschbeziehungen zwischen Stadt und Fabrik werden die Wirkungen dieser Austauschflüsse qualifiziert und – wenn möglich – quantifiziert. Dies bietet die Basis für die strukturierte Sammlung von Wissensbausteinen. Dieses Wissen soll mit der Entwicklung eines Bewertungssystems für unterschiedliche Anwendungen zugänglich gemacht werden. Damit können passende Methoden und Maßnahme für individuelle Anwendungsfälle sowohl aus Stadt als auch aus Fabrikperspektive identifiziert werden. Die konkrete Umsetzung der Wissensplattform als Software-Applikation wird in Kapitel 6.7 beschrieben.

## 5.5 Literatur zu Kapitel 5

- [1] J. Lentes et al., "Competitive and sustainable manufacturing by means of ultra-efficient factories in urban surroundings," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 7543, no. August, pp. 1–12, 2017.
- [2] S. Singh, M. Hertwig, and J. Lentes, "Economic Impact of Ultraefficient Urban Manufacturing," in *Smart Economy in Smart Cities*, Springer, 2017, pp. 273–293.
- [3] D. Spath, "Urbane Produktion," in *Stadt der Zukunft*, 2014, pp. 61–71.
- [4] W. Bauer and J. Lentes, "Wettbewerbsfähig produzieren durch Urbane Produktion - Nachhaltige Wertschöpfung im städtischen Umfeld," *Ind. Manag.*, vol. 4, pp. 7–10, 2014.
- [5] S. Stiehm, *Gestaltungsparameter für die (Re-) Integration von Produktion in den urbanen Raum im Kontext von Industrie 4.0*. 2017.
- [6] L. Simons, S. Stiehm, A. Richert, and S. Jeschke, "Reflecting Factors of Urban Production: A Text Mining Approach," in *European Conference on Knowledge Management*, 2017, pp. 906–912.
- [7] P. Burggräf, M. Dannapfel, J. Uelpenich, and M. Kasalo, "Urban factories: Industry insights and empirical evidence within manufacturing companies in German-speaking countries," *Procedia Manuf.*, vol. 28, pp. 83–89, 2019.
- [8] M. Fuchs, H.-C. Busch, C. Mühl, and M. Fromhold-Eisebith, "Urbane Produktion – Dynamisierung stadtreionaler Arbeitsmärkte durch Digitalisierung und Industrie 4.0?," Köln, 2017.
- [9] S. Stiehm, L. Simons, A. Richert, and S. Jeschke, "Volume 1: Gestaltungsparameter urbaner Produktion," in *MIA Expertisen*, F. Hees, D. M. Begaß, M. Fromhold-Eisebith, G. Schmitt, and P. Burggräf, Eds. Aachen, 2017.
- [10] C. Klanten and G. Schmitt, "Volume 2: Nutzungen mischen – Produktion integrieren," in *MIA Expertisen*, F. Hees, D. M. Begaß, M. Fromhold-Eisebith, G. Schmitt, and P. Burggräf, Eds. Aachen, 2019.
- [11] G. Horn et al., "Volume 3: Forecasting Aachen 2030 - Urbane Produktion in der Zukunftsstadt," in *MIA Expertisen*, F. Hees, D. M. Begaß, M. Fromhold-Eisebith, G. Schmitt, and Peter Burggräf, Eds. Aachen: RWTH Aachen University, 2019.
- [12] J. Schaaf and I. Spindler, "Welche Industriebranchen scheinen für urbane Produktion geeignet? – Eine Ableitung anhand der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) des Statistischen Bundesamtes," 2018.
- [13] J. Schaaf and I. Spindler, "Urbane Produktion – Kommt die Industrie zurück in die Stadt?," Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Hochschule Mittweida, 2019.
- [14] M. Juraschek, F. Kreuz, M. Bucherer, A. Spengler, S. Thiede, C. Herrmann, A. Schmidt and U. Clausen., "Urban Factories – Identification of Measures for Resource-Efficient Integration of Production Systems in Cities," in *Advances in Production, Logistics and Traffic*, Springer, 2019, pp. 221–232.
- [15] Juraschek, M., Vossen, B., Hoffschroer, H., Reicher, C., & Herrmann, C. (2018). Urbane Produktion: Ökotone als Analogie für eine nachhaltige Wertschöpfung in Städten. In T. Redlich, M. Moritz, & J. P. Wulfsberg (Eds.), *Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung* (pp. 195–207). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-20265-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20265-1_15)
- [16] Juraschek, M., Thiede, S., & Herrmann, C. (2018). Urbane Produktion Potenziale und Herausforderungen der Produktion in Städten. In H. Corsten, R. Gössinger, & T. S. Spengler (Eds.), *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken* (pp. 1113–1133). Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110473803-055>
- [17] C. Herrmann, M. Juraschek, S. Kara, and S. Thiede, "Urban Factories: Identifying Products for Production in Cities," in *Technologies and Eco-innovation towards Sustainability I*, Singapore: Springer Singapore, 2019, pp. 185–198.
- [18] M. Juraschek, B. Vossen, H. Hoffschroer, C. Reicher, and C. Herrmann, "Urban Factories: Ecotones as Analogy for Sustainable Value Creation in Cities," in *1. interdisziplinäre Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung*, 2016, pp. 135–145.
- [19] C. Herrmann and M. Juraschek, "Making Change: The Positive Impact Factory," ENVISION. Singapore's National Environment Agency, Singapore, pp. 40–51, 2017.
- [20] M. Juraschek et al., "Die Ressourcen der urbanen Fabrik: Definitionen und Erläuterungen aus dem Forschungsprojekt Urban Factory," *Defin. und Erläuterungen aus dem Forschungsprojekt Urban Fact.*, pp. 1–27, 2018.
- [21] M. Juraschek, C. Herrmann, and S. Thiede, "Utilizing Gaming Technology for Simulation of Urban Production," *Procedia CIRP*, vol. 61, pp. 469–474, 2017.
- [22] M. Juraschek, E. J. Becht, L. Büth, S. Thiede, S. Kara, and C. Herrmann, "Life Cycle Oriented Industrial Value Creation in Cities," *Procedia CIRP*, vol. 69, no. May, pp. 94–99, 2018.
- [23] M. Juraschek, B. Vossen, H. Hoffschroer, C. Reicher, and C. Herrmann, "Urbane Produktion: Ökotone als Analogie für eine nachhaltige Wertschöpfung in Städten," in *Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung*, T. Redlich, M. Moritz, and J. P. Wulfsberg, Eds. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018, pp. 195–207.
- [24] M. Juraschek, L. Büth, and C. Herrmann, "Die Handlungsfelder effektiver Stadtfabriken für die nachhaltige Entwicklung im urbanen Raum," in *Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2019, pp. 519–536.
- [25] F. Cerdas, M. Juraschek, S. Thiede, and C. Herrmann, "Life Cycle Assessment of 3D Printed Products in a Distributed Manufacturing System," *J. Ind. Ecol.*, vol. 21, no. S1, pp. S80–S93, Nov. 2017.
- [26] S. Gärtner and T. Stegmann, "Neue Arbeit und Produktion im Quartier: Beobachtungen und Wishful Thinking," *econstor.eu*, Gelsenkirchen, 2015.
- [27] J. Haeffs, "Produktion in der Mitte der Gesellschaft," 2017.
- [28] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., "Handlungsfelder," 2015.
- [29] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., "Urbane Produktion und Logistik," 2018.
- [30] M. Brandt, S. Gärtner, and K. Meyer, "Urbane Produktion: Ein Versuch einer Begriffsdefinition," *Forsch. Aktuell*, vol. 2017, no. 08, 2017.
- [31] M. Brandt, S. Gärtner, and K. Meyer, "Urbane Produktion, Planungsrecht und dezentrale Finanzsysteme," *Inst. Arbeit und Tech.*, vol. 2018, no. 10, 2018.

## 6.0 Empirische Untersuchungen

### 6.1 Pilotprojekte

Die empirischen Untersuchungen im Projekt Urban Factory wurden an Hand verschiedener Betrachtungsobjekte durchgeführt. Einen großen Anteil stellen dabei die in Kapitel 5.1 beschriebenen Pilotprojekte, deren Analyseergebnisse in den folgenden Textabschnitten zuerst disziplinspezifisch und dann disziplinübergreifend vorgestellt werden.

Alle Pilotprojekte wurden von den an der Forschung beteiligten Experten der einzelnen Disziplinen Produktion, Stadtentwicklung, Verkehr I Logistik, Energiedesign und Industriebau untersucht. In jedem einzelnen Pilotprojekt bestand ein unterschiedliches hohes Potential fachspezifische Aspekte zu erfassen. Die Gesamtheit der erfassten Ergebnisse aller Pilotprojekte erlaubt dennoch eine umfassende Zusammenstellung einer hohen Vielfalt an Maßnahmen, die der Praxis auf unterschiedliche Weise zur Verfügung gestellt werden können.

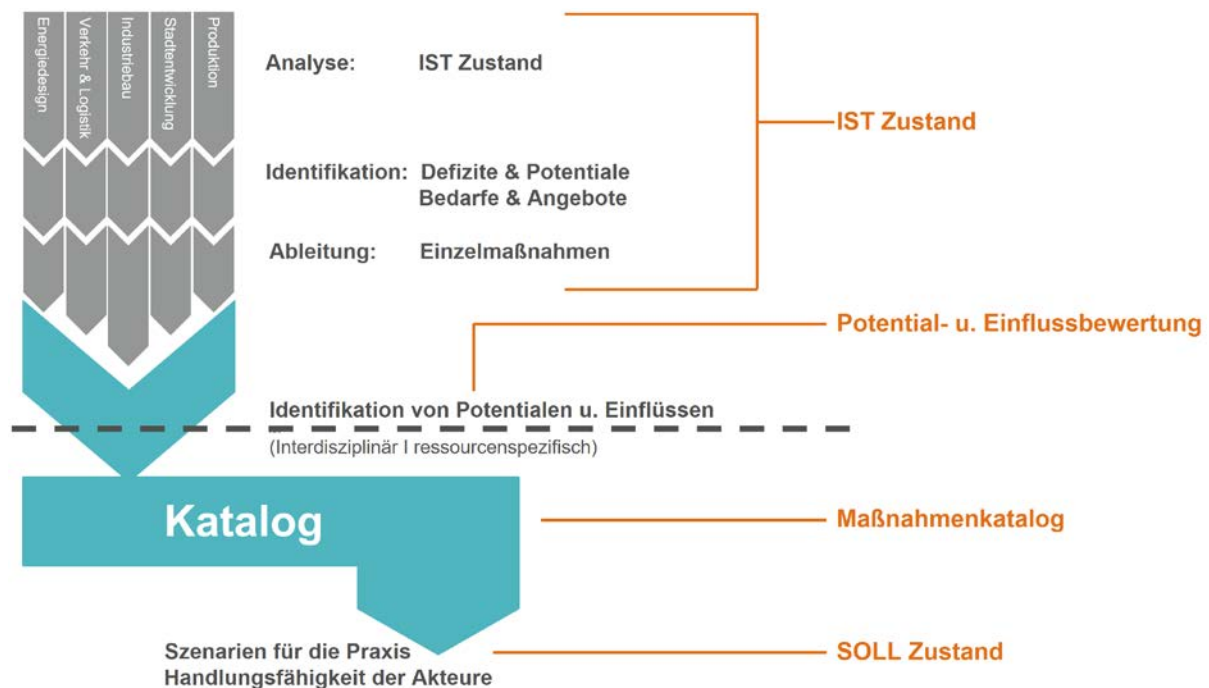


Abbildung 6.1-1: Vorgehensweise der empirischen Untersuchungen (© Urban Factory)

Die Untersuchung der ausgewählten Pilotprojekte erfolgt entlang der folgenden im Forschungsteam erarbeiteten Vorgehensweise.

#### IST Zustand erfassen

Im ersten Bearbeitungsschritt steht die Erfassung des IST-Zustandes im Vordergrund der Betrachtung. Die einzelnen Disziplinen tragen zunächst die Informationen unabhängig voneinander (grau markiert) und auf Basis der ihnen zur Verfügung stehenden Methoden & Werkzeuge bzw. der ihren Disziplinen entsprechenden Systemebenen zusammen. Es gilt, die aktiv bzw. passiv an der Entwicklung der Fabrik bzw. Stadt beteiligten Akteure zu erfassen, die Defizite und Potentiale und im Anschluss daran mögliche Angebote und wichtige Bedarfe zu identifizieren. Gezielt werden innerhalb der IST-Analyse von den jeweiligen Experten der Disziplinen mögliche Einzelmaßnahmen den zuvor herausgearbeiteten Notwendigkeiten zur Seite gestellt.

#### Potential- /Einflussbewertung

Im nächsten Bearbeitungsschritt werden durch einen umfassenden, interdisziplinären Abgleich der Ergebnisse der Ist-Analyse mögliche Potentiale zur Optimierung der Fabriken bzw. Quartiere identifiziert. Die vielen unterschiedlichen Einzelmaßnahmen der Disziplinen werden an dieser Stelle interdisziplinär diskutiert und entlang der im Forschungsteam definierten „Ressourcen der Urbanen Fabrik“ miteinander verglichen, bewertet und für den Maßnahmenkatalog aufbereitet.



## Maßnahmenkatalog

Aufgrund der zunächst auf die Disziplinen beschränkten Analyse- und Aufbereitungsschritte kann an dieser Stelle ein Maßnahmenkatalog zusammengestellt werden, der alle Disziplinen und über die Systemgrenzen hinweg adressiert. Dieser Katalog bildet somit den gemeinsam erarbeiteten Pool aus einer Vielzahl von Möglichkeiten, die abgestimmt auf das individuelle Projekt allen Akteuren zur Verfügung gestellt werden kann.

## SOLL Zustand

Basierend auf den für das spezifische Projekt identifizierten möglichen Maßnahmen werden in diesem Schritt konkrete praxistaugliche Bausteine der Optimierung entlang der Ziele der Schlüsselakteure identifiziert. Die Umsetzung der Maßnahmen erfolgt entlang verschiedener Szenarien, die entweder kurzfristig bei unmittelbarem Handlungsbedarf oder langfristig als Zukunftsszenario für die Weiterentwicklung von Unternehmen bzw. Quartier umgesetzt werden können.

Die Handlungsfähigkeit aller Akteure auf Fabrik- und Quartierebene wird gestärkt, Akzeptanz gesteigert und letztlich ein hohes Maß an Ressourceneffizienz erreicht.

Die folgenden drei Pilotprojekte wurden untersucht:

- Pilotprojekt I: BLB Braunschweig
- Pilotprojekt II: eLastenrad, Dortmund & Mülheim an der Ruhr
- Pilotprojekt III: Energie für Geisweid, Siegen

## 6.2 Pilotprojekt I: BLB Braunschweig

Die bereits in Kapitel 5.1 vorgestellte Battery LabFactory Braunschweig (BLB) befindet sich im Stadtgebiet nordöstlich vom Stadtzentrum in der Straße Langer Kamp. Die BLB ist ein Forschungszentrum der Technischen Universität Braunschweig. In einer Pilotfertigung auf dem Campus Ost der Universität werden elektrochemische Energiespeicher untersucht und entwickelt. Das Forschungsspektrum deckt dabei die Wertschöpfungskette in ihrer Gesamtheit von der Materialentwicklung, der Elektroden und Zellproduktion bis zur Formierung und dem Recycling ab. Da die BLB in einem Stadtquartier mit unterschiedlichen Nutzungen in unmittelbarer Nähe zu Wohngebäuden und einem Kloster liegt, sind in der Vergangenheit bereits Konflikte mit der Nachbarschaft aufgetreten.



Abbildung 6.2-1: Lageplan - Norddeutschland





Abbildung 6.2-2: Lageplan - Region Braunschweig



Abbildung 6.2-3: Lageplan - Stadt Braunschweig Nord



Abbildung 6.2-4: Lageplan - Campus der TU Braunschweig



### 6.2.1 BLB: Analyse IST-Zustand

Die Battery LabFactory Braunschweig (BLB) wurde vornehmlich von den Disziplinen Produktion, Städteplanung, Verkehr I Logistik und Industriebau untersucht. Aspekte der Fachdisziplin Energiedesign lassen sich ebenfalls gut abbilden, nehmen aber in diesem Fall weniger Raum ein.

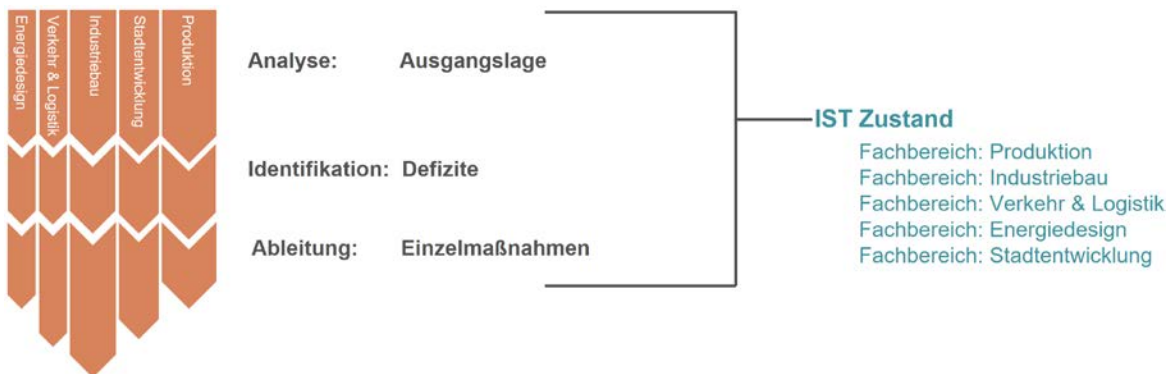


Abbildung 6.2-5: Analyse IST-Zustand I Anteil der Disziplinen BLB (© Urban Factory)

Die Implantation des BLB in Braunschweig kann auf Basis einer Vielzahl von Einflussfaktoren als hochgradig komplex angesehen werden. Diverse Akteuren mit unterschiedlichen Interessenslagen sind direkt oder indirekt an Bau, Umbau und Betrieb und somit über viele Jahrzehnte an der Entwicklung der Quartiere im Norden der Innenstadt mit aktiven, ruhenden oder still gelegten Fabriken, Gebäuden der TU Braunschweig, Wohngebieten etc. beteiligt. Einhergehend mit einer starken Fragmentierung aller Fachdisziplinen auf allen Systemebenen ist seit Jahren eine steigende Zahl weiterer Akteure feststellbar bzw. werden bisher nicht aktive Akteure wie z.B. Anwohner oder Dienstleistungsunternehmen auf das Unternehmen aufmerksam und prägen den Entwicklungsprozess zusätzlich.



Abbildung 6.2-6: Luftaufnahme der BLB

Der IST-Zustand der Fabrik wurde mit folgenden Schritten erfasst:

- ▶ Analyse der Ausgangslage
- ▶ Identifikation der Defizite und Potentiale (bzw. Bedarfe und Angebote) von Fabrik und Quartier
- ▶ Ableitung von Einzelmaßnahmen der jeweiligen Fachdisziplinen

Alle Ergebnisse dieser IST-Untersuchung werden separat von den Disziplinen aufgenommen und für die weiteren Forschungsschritte in Form von Datensammlungen, Zeichnungen, etc. aufbereitet und zur weiteren Bearbeitung allen Experten zur Verfügung gestellt. Es folgt eine kurze Erläuterung der Kernaussagen zum IST-Zustand des BLB in Braunschweig.

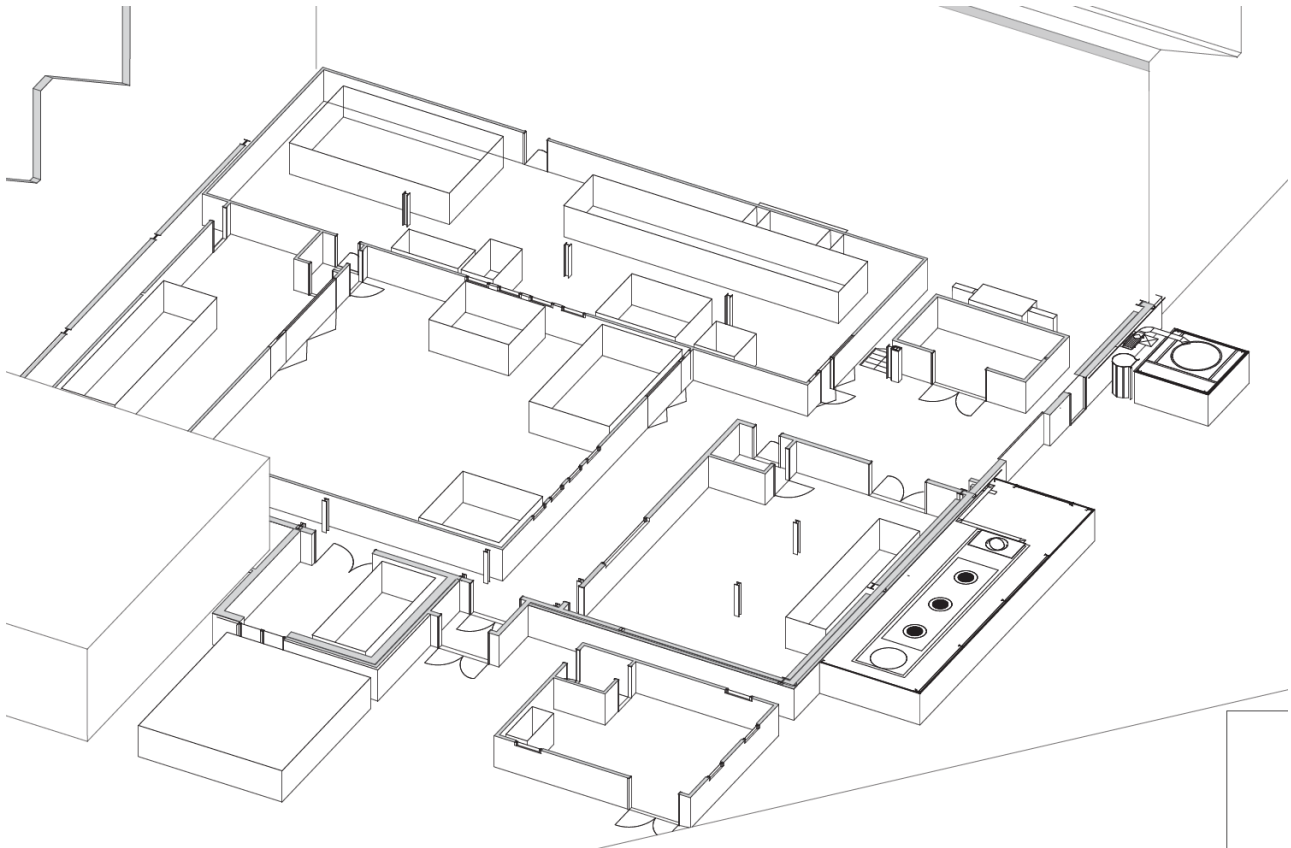


Abbildung 6.2-7: Isometrische Darstellung der BLB

### 6.2.1.1 Fachbereich Produktionssystem

Die Battery LabFactory Braunschweig (BLB) ist ein Forschungszentrum der Technischen Universität Braunschweig. In einer Pilotfertigung auf dem Campus Ost der Universität werden elektrochemische Energiespeicher untersucht und entwickelt. Das Forschungsspektrum deckt dabei die Wertschöpfungskette in ihrer Gesamtheit von der Materialentwicklung, der Elektroden und Zellproduktion bis zur Formierung und dem Recycling ab. Da die BLB in einem Stadtquartier mit unterschiedlichen Nutzungen in unmittelbarer Nähe zu Wohngebäuden und einem Kloster liegt, sind in der Vergangenheit bereits Konflikte mit der Nachbarschaft aufgetreten. Das Produktionssystem der Battery LabFactory ermöglicht die Forschungs- und Fertigungsaktivitäten des Standortes und ist daher maßgeblich mit den Wirkungen dieser urbanen Fabrik verbunden. Für die empirische Untersuchung erfolgen mehrere Analyseschritte zu diesem Produktionssystem.

### Makroanalyse Produktionssystem

Auf übergeordneter Ebene kann das Produktionssystem der Battery LabFactory in sieben Produktionsschritten unterteilt werden. Hinzu kommen dedizierte Bereiche für das Recycling von Batteriezellen und -module am Ende ihres Lebenszyklus sowie forschungsbezogene Bereiche für die Untersuchung der Alterung der hergestellten Energiespeicher. Die Verkettung dieser Fertigungsschritte ist in Abbildung 6.2-8 dargestellt. Besonderheiten ergeben sich durch die Konzeptionierung und Nutzung als Forschungszentrum der TU Braunschweig. Die Produktion erfolgt in Form von Kampagnen mit wechselnden Spezifikationen und Materialien. Weiterhin ist eine hohe Flexibilität der Prozessanordnungen und -parameter gefordert.

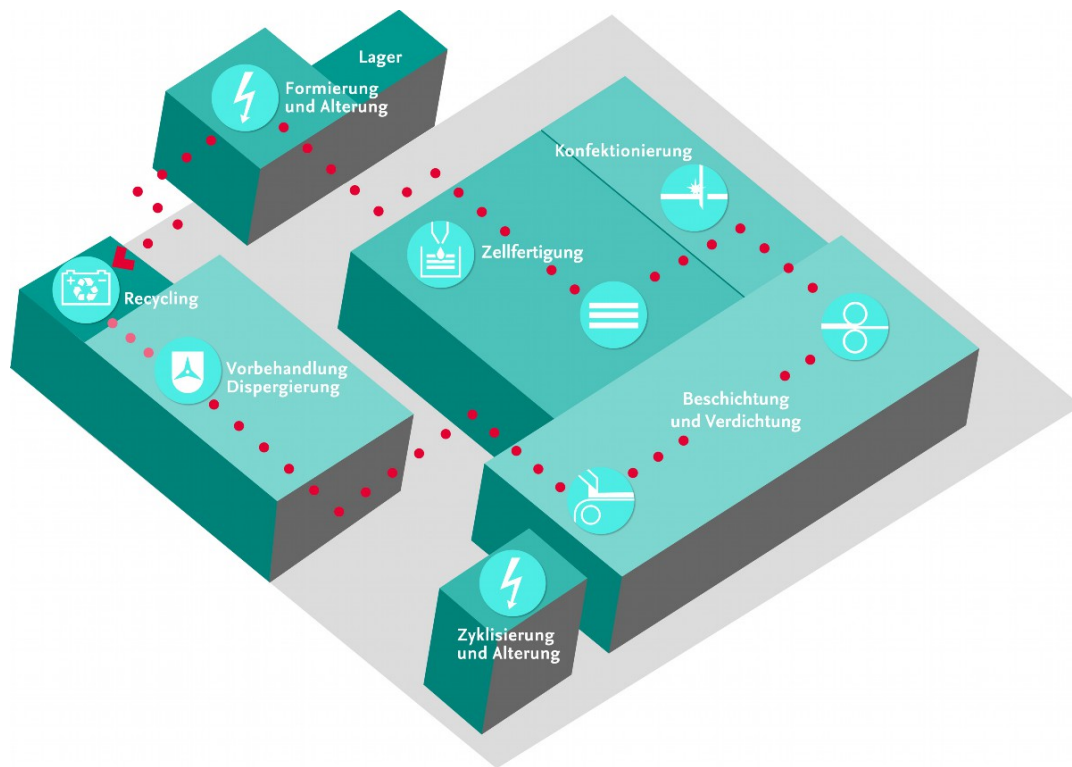


Abbildung 6.2-8: Übersicht der Produktionsbereiche der BLB

Für die Prozessschritte der Materialformulierung und der Zellfertigung werden definierte Umgebungsbedingungen benötigt, die sich für die Fertigungsbereiche unterscheiden. Hinzu kommen hohe Anforderungen an den Umgang mit potentiell gefährdenden Stoffen. Das Layout der Produktion und die Aufstellung der Maschinen und Anlagen (siehe Abbildung 6.2-9) entsprechen diesen Anforderungen. Ein wesentliches Element des Produktionssystems der Battery LabFactory ist die Kapselung der Fertigungsbereiche durch Raum-in-Raum Aufbauten. Die vier Hauptbereiche Vorbehandlung und Dispergierung, Beschichtung und Verdichtung, Konfektionierung sowie Zellfertigung sind jeweils als eigenständig regelbare Zonen ausgelegt und mittels einer Personenschleuse verbunden. Auf Grund der auf die Produktionsbedingungen sehr sensibel reagierenden Prozesse und teilweise besonderen Arbeitsbedingungen zum Beispiel im Trockenraum, werden die Aufenthaltszeiten beispielsweise im Trockenraum begrenzt. Die in den umgebenden Wohngebäuden lebenden AnwohnerInnen hatten vor Inbetriebnahme der Battery LabFactory Vorbehalte gegen diese urbane Fabrik. Dies basierte auf mangelnder Information über die Produktion und die geplanten Aktivitäten und wurde durch kaufwillige WohnungsmaklerInnen verstärkt. In der Folge wurde mit einem Tag der offenen Tür und einer lokalen Informationsveranstaltung das Produktionssystem und die Fabrik erläutert und die Vorbehalte entkräftet. Es wurden zwei Maßnahmen identifiziert, um die Wirkungen auf die lokale Umgebung aktiv zu reduzieren.

Die technische Gebäudeausrüstung (TGA) deckt den Bedarf an unterschiedlichen Medien und Energieformen der Battery LabFactory und stellt die benötigten raumluftechnischen Produktionsbedingungen her mittels Zu- und Abluftanlagen als Verbindung zwischen Umwelt und Gebäudeinneren. Die Anlagen der TGA erzeugen im Betrieb Schallemissionen. Besonders die auf dem Dach angebrachten Lüftungs- und Luftbehandlungsanlagen emittieren Schall in die Umgebung. Um die Auswirkungen der Schallemissionen zu reduzieren, wurde während der Untersuchung einige der außenliegenden Anlagen der TGA mit einer Schalldämmung umgeben. Dadurch wird der emittierte Lärm reduziert und kann unter die Wahrnehmungsschwelle gesenkt werden.

## Stellplan



Abbildung 6.2-9: Maschinenaufstellplan und Layout des Produktionssystems der BLB

Die Abluft des Produktionssystems enthält gasförmige und Partikelemissionen, die aus den Prozessen und verwendeten Materialien stammen. Diese Emissionen können Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zur Folge haben, wenn sie in die Umgebung abgegeben werden. In der Battery LabFactory werden gefährdende Stoffe verarbeitet, deren Konzentration in der Abluft unterhalb der genehmigungsrechtlich relevanten Grenzwerte liegt. Auf Grund von Befürchtungen einer Luftverunreinigung durch den Produktionsbetrieb in Teilen der Anwohnerschaft wurden die Grenzwerte verschärft. Dies hat den Einbau einer Abluftnachbehandlung erforderlich gemacht. Diese Abluftnachbehandlung erfolgt durch die Erhitzung der gesammelten Abluft aus der Produktion auf sehr hohe Temperaturen, wodurch die enthaltenen Verbindungen chemisch umgewandelt und neutralisiert werden. Mit der Hochtemperatur-Abluftnachbehandlung ist in der Regel ein hoher Energieaufwand verbunden, sie ist aber für den Betrieb an diesem Standort notwendig. Weiterhin wird den Anwohnern durch den Aufbau der sichtbaren Anlagentechnik signalisiert, dass die Unbedenklichkeit der Fabrikabluft sichergestellt wird.

Mit der Makroanalyse des Produktionssystems konnten diese übertragbaren Maßnahmen identifiziert werden für die Steigerung der Integrationsfähigkeit und Ressourceneffizienz urbaner Fabriken:

- ▶ Schallreduzierung der technischen Gebäudeausrüstung
- ▶ Hochtemperatur-Abluftbehandlung

## Stoffstromanalyse

Maßgeblich für die Materialflüsse und Stoffströme einer Produktion sind die hergestellten Produkte sowie die für die Prozesse notwendigen Hilfs- und Betriebsstoffe. Der Materialfluss ist einer der sichtbarsten Einflüsse einer Fabrik auf die Umgebung. Mit den Bedarfen an Rohmaterialien, Halbzugehen, Produkten und Abfällen wird fabrikintern ebenso wie außerhalb der Fabrik der Transport von Materialien und Gütern ausgelöst. Eine Materialflussanalyse kann den notwendigen Transportaufwand reduzieren mittels einer strukturierten Datenaufnahme und einer darauf aufbauenden Bewertung des Materialflusses gegenüber dem Bedarfsprofil. Der Materialfluss für die Herstellung einer typischen Batteriezelle in der Battery LabFactory ist in Abbildung 6.2-10 und die Zusammensetzung der Zelle in Abbildung 6.2-11 dargestellt.



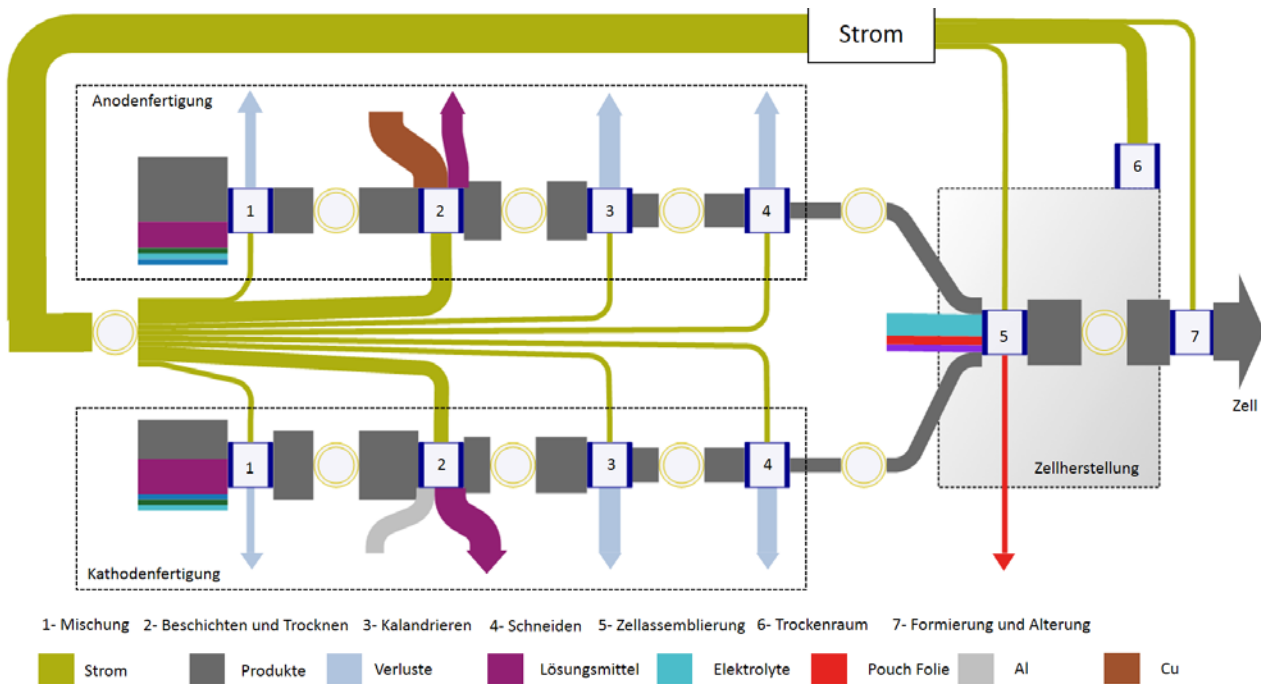


Abbildung 6.2-10: Materialfluss- und Energieanalyse der Battery LabFactory (Cerdas &amp; Herrmann, 2018)

Die verwendeten Materialien in der Produktion im Zusammenspiel mit den verwendeten Produktionsprozessen sind mit den durch die Produktion verursachten Emissionen verbunden. Durch die Auswahl der Werkstoffe werden sowohl die direkten stofflichen Emissionen, zum Beispiel bei der Konfektionierung oder Trocknung entstehende Partikel, als auch indirekte stoffliche Emissionen, zum Beispiel aus den eingesetzten Hilfs- und Betriebsstoffen, beeinflusst. Mit einer Anpassung der verwendeten Materialien in der Produktion können diese Emissionen reduziert werden, wobei die Produkt- und Prozessanforderungen eingehalten werden müssen. In der Battery LabFactory werden auf Grund des Betriebs als Forschungszentrum unterschiedliche und stetig wechselnde Materialien verarbeitet, sodass eine auf die Emissionsminderung gezielte Anpassung nicht möglich ist.

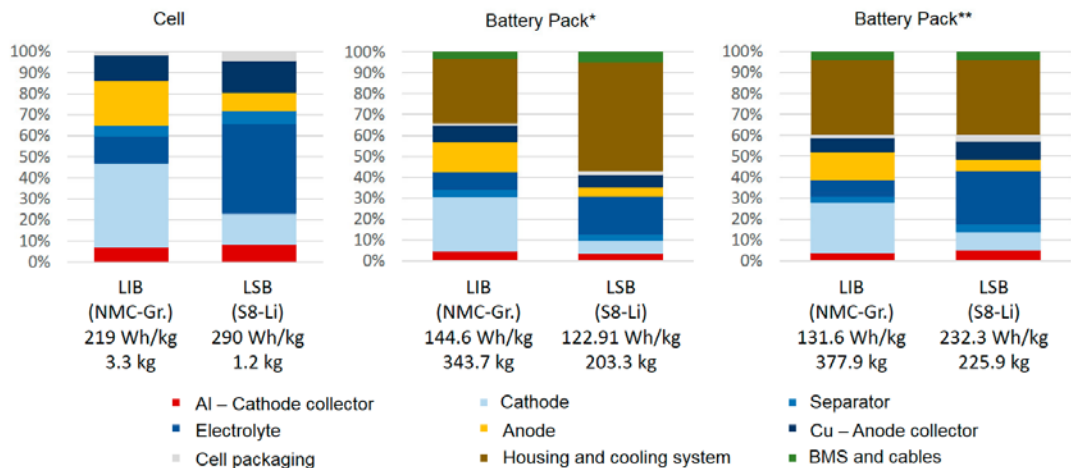


Abbildung 6.2-11: Massenverteilung u. spezifische Energie der Materialien einer Batteriezelle der BLB (Cerdas et al., 2018)

In der Produktion in der Battery LabFactory werden unterschiedliche Hilfs- und Betriebsstoffe benötigt. Diese Stoffe verursachen einen Logistikaufwand für Transport und einen Raumbedarf für die Lagerhaltung. Mit der gezielten Reduktion von Hilfs- und Betriebsstoffen, beispielsweise basierend auf einer Analyse des Produktionssystems und daraus abzuleitenden Maßnahmen, kann die Integrationsfähigkeit einer urbanen Fabrik gesteigert werden. Die Massenverteilung der Batteriezellen und von Batteriemodulen ist in Abbildung 6.2-11 dargestellt. Die Analyse der verwendeten Stoffe hat ergeben, dass auf Grund des Betriebs als Forschungsfabrik ein sich stetig wandelnder Bedarf an Betriebs- und Hilfsstoffen anfällt, sodass eine gezielte Reduktion nicht sinnvoll durchführbar ist.

Ein Arbeitsschwerpunkt der Battery LabFactory ist der Aufbau und Betrieb einer Prozesskette für die Verarbeitung von Batteriezellen und -modulen am Ende ihres Lebenszyklus. Aus den Verbundprojekten Lithorec und Lithorec II („Recycling von Lithium-Ionen-Batterien“) wurde eine entsprechende Prozesskette aufgebaut. In der Umgebung einer urbanen Fabrik fallen vielfältige Stoffströme an, darunter auch gebrauchte Lithium-Ionen Batteriezellen. Diese Abfallstoffe können als Rohmaterial für das Produktionssystem der urbanen Fabrik dienen, wenn die zu Grunde liegenden Anforderungen durch die Abfallstoffe erfüllt werden. Dabei sind u.a. Materialart und -zusammensetzung, Qualität, Menge, Verfügbarkeit, Transportfähigkeit, Reinheit und Qualität zu beachten. Mit dem Einsatz als Substitut kann der Materialbedarf der Fabrik gesenkt werden, wobei ggf. Aufbereitungsmaßnahmen notwendig. Darüber hinaus kann die urbane Fabrik mit der Integration urbaner Abfallströme in die Produktion Materialkosten und deren Transportaufwand senken und gleichzeitig mit der Übernahme der notwendigen Behandlung von Abfallströmen eine imagefördernde Dienstleistung für die Stadt übernehmen. Für die Battery LabFactory ist es prinzipiell möglich, die Aufbereitung und Verwertung von Lithium-Ionen-Batterien als Dienstleistung für die urbane Umgebung anzubieten. Eine Überführung dieser Maßnahme in einen umsetzbaren Business Case ist im Projekt Urban Factory nicht erfolgt.

Mit der Stoffstromanalyse konnten diese übertragbare Maßnahmen identifiziert werden für die Steigerung der Integrationsfähigkeit und Ressourceneffizienz urbaner Fabriken:

- ▶ Verbesserung durch Materialflussanalyse
- ▶ Verarbeitung von Abfallstoffen aus dem Quartier
- ▶ Reduktion von Hilfs- und Betriebsstoffen

## **Energieflussanalyse**

Der Energiebedarf für die Produktion der Fabrik und die unterstützenden Aktivitäten, wie zum Beispiel die technische Gebäudeausrüstung (TGA), sind maßgeblich verantwortlich für die Anforderungen der Fabrik an die Versorgungsinfrastruktur und die energiebezogenen Emissionen. Mit einer Energieanalyse der Produktion und des gesamten Energiebedarfs kann dieser durch geeignete Maßnahmen gesenkt werden. Ebenfalls kann durch eine Flexibilisierung des Energiebedarfs ein positiver Beitrag zur Integrationsfähigkeit einer Fabrik in die urbane Umgebung geleistet werden. Die Battery LabFactory deckt ihren Energiebedarf für die Produktion und TGA durch elektrischen Strom und Erdgas. Für die Analyse wurden Daten zum Energiebedarf dieser Medien für das Jahr 2017 erhoben und ausgewertet. Die jeweiligen Lastgänge sind in Abbildung 6.2-12 und Abbildung 6.2-13 dargestellt.

Messstelle:	AKS:	Bezeichnung:	Medium:	Einheit:	Farbe/Form/Y:
S_U13303_BLB	TU Strom 2. REA	3303 Batterie Labor	Strom Wirk Verbrauch	KW	Y [     ]

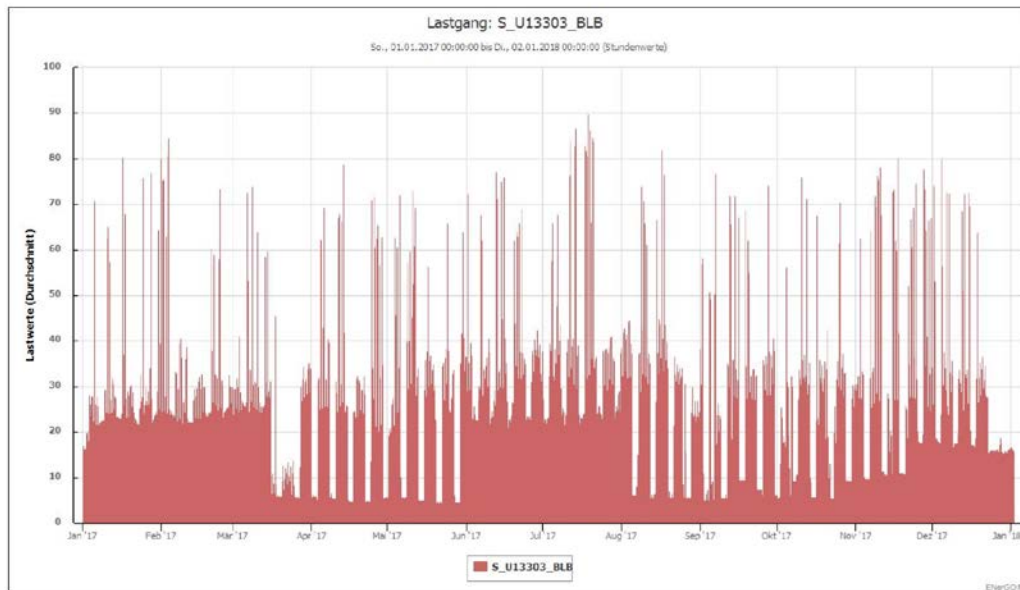


Abbildung 6.2-12: Lastgang des elektrischen Energiebedarfs der BLB in 2017

Messstelle:	AKS:	Bezeichnung:	Medium:	Einheit:	Farbe/Form/Y:
G_H13305_OKG	BVAG Gas 2. REA	3305 Batterie Labor	Gas	m3/h	Y [     ]

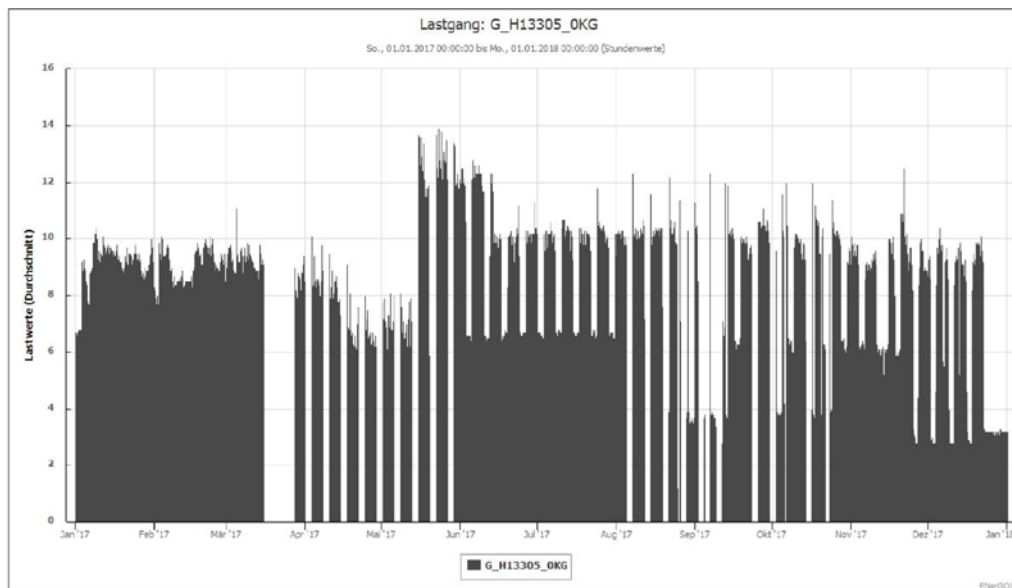


Abbildung 6.2-13: Lastgang des Energiebedarfs durch Erdgas der BLB in 2017

Neben den üblichen Tages- und Wochenrhythmen im Verlauf der Lastgänge sind einige Ereignisse erkennbar. Auch die zeitliche Planung der Produktion von Batteriezellen im Kampagnenformat kann im Lastgang wiedergefunden werden. Der Energiebedarf der Battery LabFactory stellt insbesondere Anforderungen an die Integration in die bestehende Versorgungsinfrastruktur am urbanen Standort. Die TGA für den Betrieb des Trockenraums und die raumluftechnischen Anlagen könnte ohne technische Maßnahmen bei Volllast und Dauerbetrieb die Versorgungssicherheit des Gasnetzes in der unmittelbaren Umgebung gefährden. Daher wurden hier entsprechende Maßnahmen implementiert.

Für die Detailanalyse auf Maschinenebene standen keine gemessenen Daten umfangreich zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Fallstudie zur Verfügung. Es konnte auf Simulationsergebnisse aus einer Dissertationsarbeit zurückgegriffen werden, die in (Schönemann, 2017) dargestellt sind. Hier zeigt sich, dass der bedeutendste Energiebedarf von der TGA ausgeht und diese daher im Fokus von Effizienzsteigernden Maßnahmen stehen.

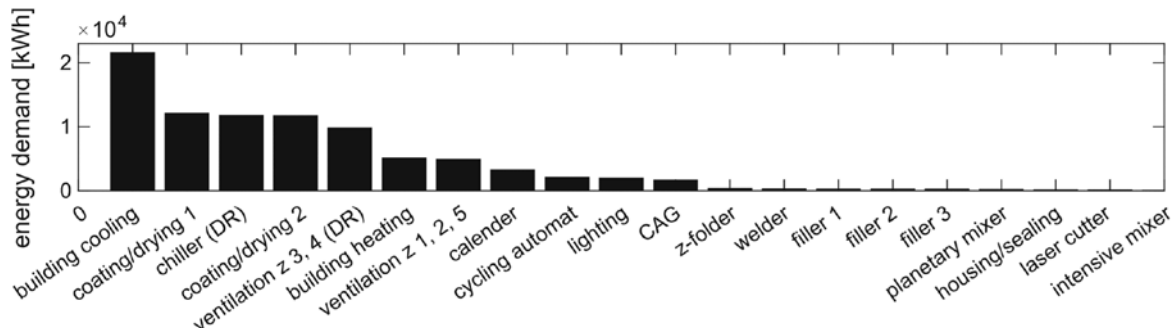


Abbildung 6.2-14: Energiebedarfe der Prozesse der BLB nach Schönemann (2017)

Mit der Energieflussanalyse konnte diese übertragbare Maßnahme identifiziert werden für die Steigerung der Integrationsfähigkeit und Ressourceneffizienz urbaner Fabriken:

- Verbesserung durch Energieanalyse

## Lebenszyklusphasen und Schnittstellengestaltung

Urbane Fabriken können unterschiedliche Lebenszyklusphasen eines Produkts mit ihren Aktivitäten abdecken. Zur Analyse dieser Lebenszyklusphasen und die damit verbundenen Wirkungen und Potentiale der Fabrik, wurde im Forschungsprojekt eine Methode entwickelt (Juraschek et al., 2018). Der Einsatz dieser Methode für die Battery LabFactory ist als Ergebnis in Abbildung 6.2-15 dargestellt. In der Battery LabFactory wird neben der Herstellung und der Montage von Batteriezellen auch Forschung und Entwicklung sowie eine Behandlung von Produkten am Ende ihres Lebenszyklus durchgeführt. Die Phasen Verkauf und Services sind nicht implementiert, da die in der Battery LabFactory hergestellten Produkte nicht für den freien Verkauf an die Öffentlichkeit bestimmt sind. Mit dem Einbezug dieser Aktivitäten könnte die Integration in das umgebende Stadtquartier gesteigert werden. Die Phase Rohmaterialien ist ebenfalls nicht implementiert in der Battery LabFactory. Basierend auf der geografischen Lage und der Produktzusammensetzung ist eine Extraktion von Rohstoffen für die Batterieherstellung aus der abiotischen Umwelt nicht möglich. Mit einer Verbindung zur Verwertung gebrauchter Batteriezellen könnten jedoch angelehnt an Konzepte des „Urban Mining“ aus der urbanen Umgebung Rohstoffe für die Batteriezellherstellung gewonnen werden. Eine Überführung dieser Maßnahme in einen umsetzbaren Business Case ist im Projekt Urban Factory nicht erfolgt.

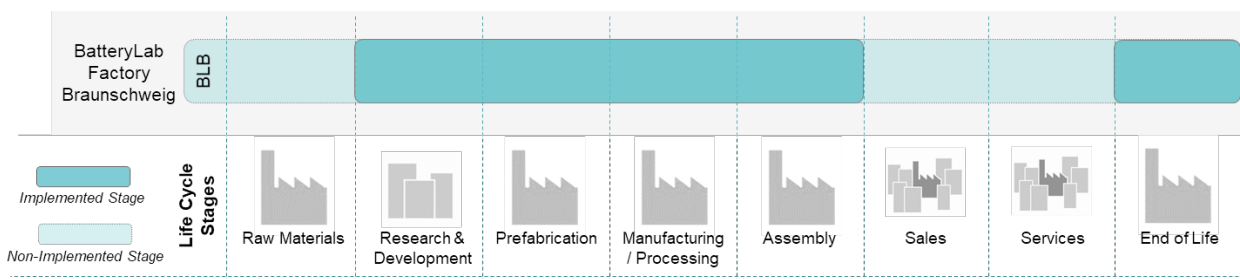


Abbildung 6.2-15: Von der Battery LabFactory abgedeckte Lebenszyklusphasen (Life Cycle Stages)

Als weitere Analysemethode, die im Rahmen des Forschungsprojekts erarbeitet wurde, ist eine Analyse der Schnittstelle zwischen der Battery LabFactory und ihrer Umgebung basierend auf dem Ecotones-Ansatz durchgeführt worden (Juraschek et al. 2016). Dem zu Grunde liegt die Beobach-



tung, dass Fabriken von außen oftmals als Black Box betrachtet werden, da über die dort stattfindenden Prozesse und Aktivitäten keine Informationen verfügbar sind. Mit der Informationsbereitstellung zu Produktion, Fabrik, Prozessen und globalen Zusammenhängen kann Transparenz erzeugt werden, die wiederum zu einem größeren Verständnis und Wertschöpfung der urbanen Fabrik führen kann. Hiermit kann auch eine stärkere emotionale Bindung der Kunden an die Produkte des Unternehmens erreicht werden, was eine erhöhte Nachfrage verlängerte Nutzungsdauer und einen Imagegewinn zur Folge haben kann. Im Fall der Battery LabFactory ist die Schnittstelle als undurchlässig zu bewerten. Informationsaustausch und Interaktion zwischen urbaner Fabrik und Quartier sind nur sehr eingeschränkt möglich. Dies führte während der Planungs- und Aufbauphase zu Konflikten mit Anliegern, die sich in strengeren Umweltauflagen für den Betrieb auswirken. Es wurden einige Maßnahmen umgesetzt, um die Interaktion zu erhöhen. Neben der Durchführung von Informationsveranstaltungen werden insbesondere für Fachbesucher Führungen, zum Beispiel in Rahmen von Veranstaltungen angeboten. Das Angebot von Werksführungen in einer urbanen Fabrik öffnet das vorher abgeschlossene und verdeckte Produktionssystem für die Öffentlichkeit und erlaubt interessierten Personen einen Einblick in die Prozesse und Organisation. Negative Assoziationen mit der Fabrik können durch die Steigerung der Transparenz gesenkt und eliminiert werden und ein positives Bild vermittelt werden.

Mit der Analyse der Lebenszyklusphasen und Schnittstellengestaltung konnten diese übertragbaren Maßnahmen identifiziert werden für die Steigerung der Integrationsfähigkeit und Ressourceneffizienz urbaner Fabriken:

- ▶ Schaufenster in die Fabrik
- ▶ Werksführungen
- ▶ Informationsbereitstellung zu Produktion, Fabrik, Prozessen und globalen Zusammenhängen

### 6.2.1.2 Fachbereich Industriebau

#### Analyse der Ausgangslage

Der Fachbereich Industriebau nimmt eine zentrale Schnittstellenfunktion bei der Untersuchung der Beziehungen zwischen unterschiedlichen im BLB eingebundenen Akteuren bzw. Gruppen von Akteuren ein. Die Abstimmung der hochgradig für den Erfolg des Unternehmens relevanten technischen Anforderungen (Produktion, Gebäude, Planungs- u. Baurecht, Logistik etc.) mit den soziokulturellen Ansprüchen (Arbeitsplatzqualität, Raumklima etc.) und den Gestaltungsabsichten erfordert eine umfassende Kenntnis aller für die (Weiter-) Entwicklung des Unternehmens relevanten Informationen. Fachplaner aus dem Bereich Industriebau sind als Generalisten mit umfassenden kommunikativen Fähigkeiten in der Lage, das fachspezifische Wissen der Akteure zusammenführen und in geeignete Gebäudestrukturen zu überführen.

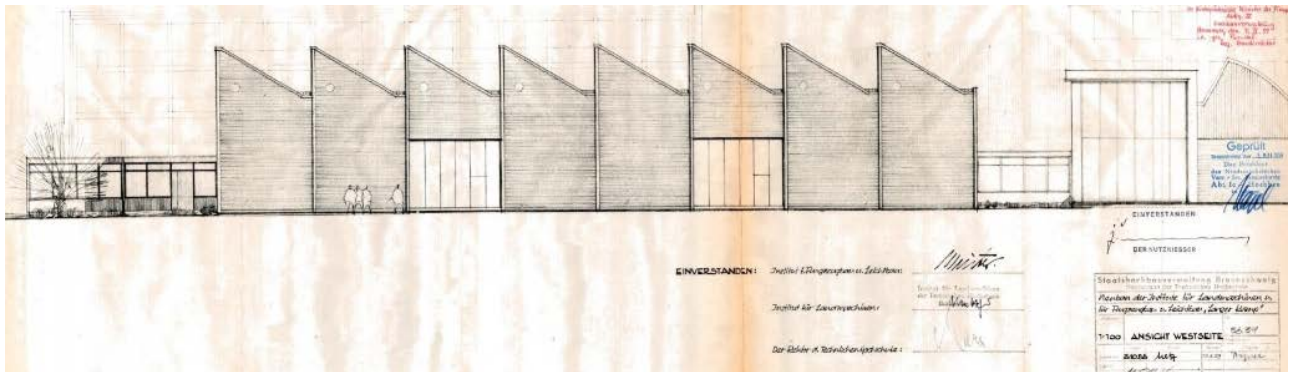


Abbildung 6.2-16: Zeichnung „Ansicht Westseite“ aus dem Jahr 1959 (TU Braunschweig)

Besonders bei Konversionsprojekten innerhalb bestehender Quartiere ist der Blick in die baugeschichtliche Vergangenheit von Fabrik und Quartier von hoher Bedeutung, um Aspekte von Baugrundqualität, Erschließungsstrukturen, Denkmalschutz, Gebäudemassen, Erscheinungsbild oder Quartierentwicklungen zu erfassen und weiter zu beeinflussen. Die Battery LabFactory in Braunschweig (BLB) präsentiert sich als typisches Beispiel einer Produktionsstätte in gewachsenen Quartiersstrukturen.

Parallel zur Fabrik schauen sowohl der Standort als auch die Hochschule und das Wohngebiet in unmittelbarer Nähe auf eine bewegte Vergangenheit zurück. Auffällig ist das aus dem Flächennutzungsplan ersichtliche, direkte Nebeneinander sehr unterschiedlicher Nutzungsarten, die auf Grund ihrer Schutzanforderungen Basis von Konflikten sein können: eine Sonderbaufläche (SO) für das Gebiet der Universität direkt neben einem reinen Wohngebiet (WR), mit der BLB auf genau auf dieses ausgerichtet. Auf einzelne Konflikte, die sich daraus ergeben haben, wurde bereits in der Analyse der Disziplin Produktion hingewiesen.

Im Verlauf der Untersuchungen wurden zentrale Entwicklungsstufen der baugeschichtlichen Ereignisse erfasst und allen Experten im Forschungsteam zur weiteren Analyse vor allem in Form von Zeichnungen und Karten zur Verfügung gestellt.



Abbildung 6.2-17: Schwarzplan der Gebäudegrundflächen (Auszug)

Im Rahmen der Untersuchung des IST-Zustandes des BLB wurden nach Erfassung der baugeschichtlichen Rahmenbedingungen zwei parallele Untersuchungsschritte zur Erfassung der Ausgangslage durchgeführt.

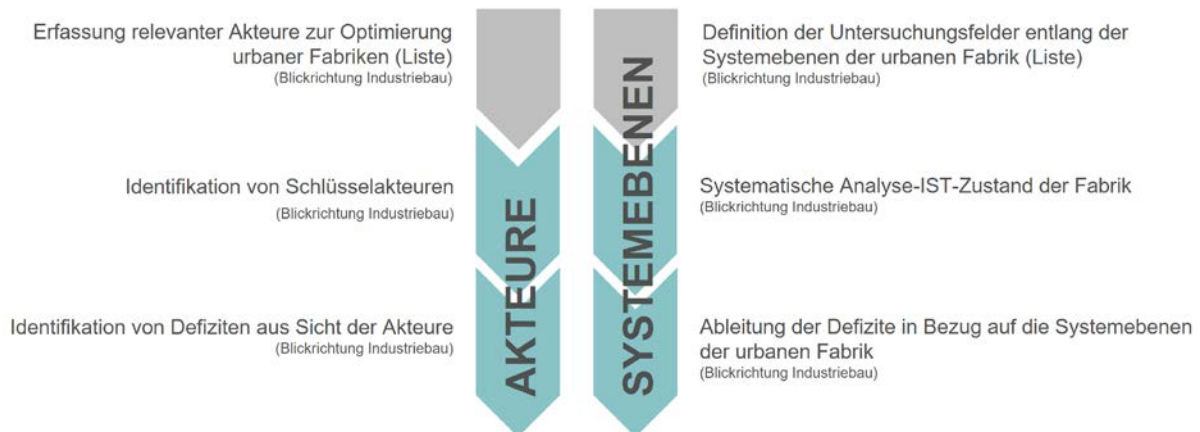


Abbildung 6.2-18: Untersuchungsschritte zur Erfassung der Ausgangslage (© IIKE)

### Analyse der Schlüsselakteure:

Für die Untersuchung der Bedeutung der Akteure im Optimierungsprozess von Fabriken in urbanen Räumen wurden zunächst alle möglichen Akteure erfasst, die intern bzw. extern mit dem Entstehungsprozess von Bauwerken bzw. Fabriken verknüpft sind. Die „Gesamtliste der Akteure - Blickrichtung Industriebau“ verdeutlicht die Anzahl, Vielfalt und damit Komplexität der Vernetzungsmöglichkeiten.

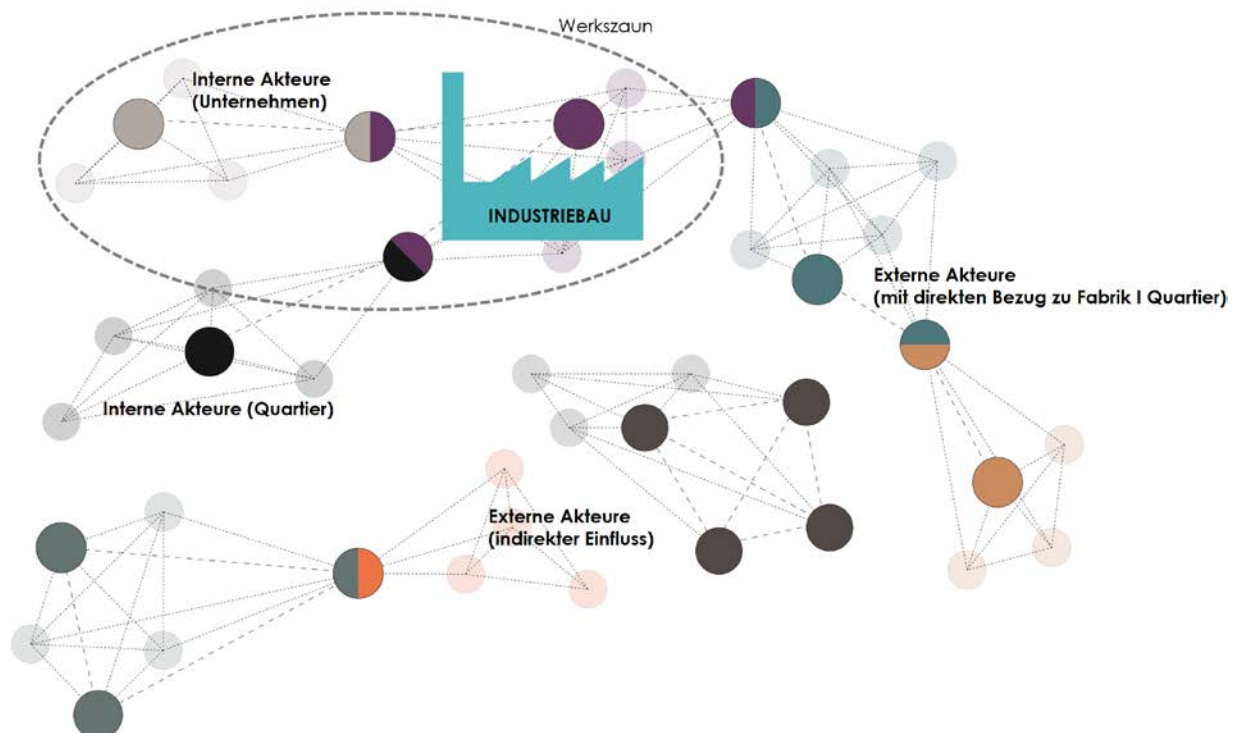


Abbildung 6.2-19: Darstellung der unterschiedlichen Bezüge zwischen Akteursgruppen im Industriebau (© IIKE)

Diese Gesamtliste der Vielzahl möglicher Akteure (ca. 130) wurde im weiteren Verlauf der Untersuchungen an anderen Projekten überprüft und vervollständigt. Sie bietet auf diese Weise eine erste Hilfestellung für die Identifikation von Entscheidungsträgern. Einschränkend ist jedoch zu erwähnen, dass die Liste ständigen Veränderungen unterworfen ist und nicht vollumfänglich auf alle Gegebenheiten der als Unikate zu betrachtenden Fabriken bzw. Quartiere reagieren kann. Im Rahmen der Zusammenstellung der Forschungsergebnisse soll ein Auszug einen Einblick in die Vorgehensweise und den Umfang der industriebauspezifischen Liste geben:

Nr.	Akteur/in	Nr.	Akteur/in
1	Fabrikeigner	100	Vertreter/in Interessenverbände (z.B. Wifö)
2	Fabrikleitung	[...]	[...]
3	Versorger	106	Stadtplanung und Behörden
4	ÖPNV, Verkehrsplanung	107	Denkmalschutzamt
5	Abfallentsorgung	108	Produktionsplanung
6	Gebäudemanagement	109	Landschafts- und Umweltplaner/in
7	Fachplanung Baustellenlogistik	110	Industrieauplanung
8	Projektentwicklung	111	Innenarchitekt/in
9	Regionalplaner/in	112	Freianlagenplaner/in
10	Vertreter/in Stadtplanungsamt	113	Tragwerksplaner/in
11	Vertreter/in Bauamt	114	Verkehrsplaner/in
[...]	[...]	[...]	[...]
96	Betreiber/in	130	Sicherheits- u. Gesundheitskoordinator/in
97	Mieter/in bzw. Nutzer der Fabrik	131	Gutachter (z.B. Umwelt, Schadstoffe etc.)
98	Anwohner und Nachbarn	[...]	[...]
99	Vertreter/in Politische Gremien / Ausschüsse	[...]	[...]

Tabelle 6.2-1: Liste von Akteuren eingebunden in urbanen Fabriken (Blickrichtung Industriebau) - Auszug (© IIKE)

Auf Basis der „Gesamtliste der Akteure - Blickrichtung Industriebau“ wurde im Anschluss die Bedeutung der Akteure untersucht. Dazu wurde unter den Fragestellungen

- ▶ Welcher übergeordneten Gruppe gehört dieser Akteur an?
- ▶ Welche Bedeutung unter dem Aspekt „Urbane Fabrik“ besitzt dieser Akteur?

eine Umfrage im Forschungsteam der Hochschulen durchgeführt. Auf Basis dieser Abfrage wurden folgende Schlüsselakteure identifiziert.

Schlüsselakteure innerhalb des Werkszaunes	Schlüsselakteure außerhalb des Werkszaunes
Nutzer der Fabrik	Stadtplanung und Behörden (Stadt Braunschweig)
Fabrikleitung	Fachplanung (Schall- / Brand-, Gesundheitsschutz etc.)
Fabrikeigner (TU Braunschweig)	Gutachter (Umwelt, Schadstoffe, Boden etc.)
Gebäudemanagement	Ver- /Entsorgung (Energie, Wasser, Gas etc.)
Universitäre Nachbarn	Anwohner und Nachbarn

Tabelle 6.2-2: Liste der Schlüsselakteure der BLB (Blickrichtung Industriebau) (© IIKE)

Vielfältige Diskussionen innerhalb des Forschungsteams zu Aufgabenverteilung, Entscheidungsfähigkeit, Vernetzungs- bzw. Abhängigkeitsgrad etc. verdeutlichten die konkreten Beziehungen der Gruppen von Akteuren zueinander. Besonders die Tatsache, dass die Battery LabFactory Braunschweig sich als Teil der TU Braunschweig versteht und um Weiterentwicklung innerhalb der Hochschulstruktur, aber auch in enger Vernetzung mit externen Unternehmen arbeitet, führt zu einer Erhöhung des Komplexitätsgrades z.B. in Bezug auf Kommunikations- und Entscheidungsstrukturen sowie der Langfristigkeit von Planungsprozessen.

Das folgende Schaubild verdeutlicht die Konstellation der Gruppen von Akteuren des BLB.

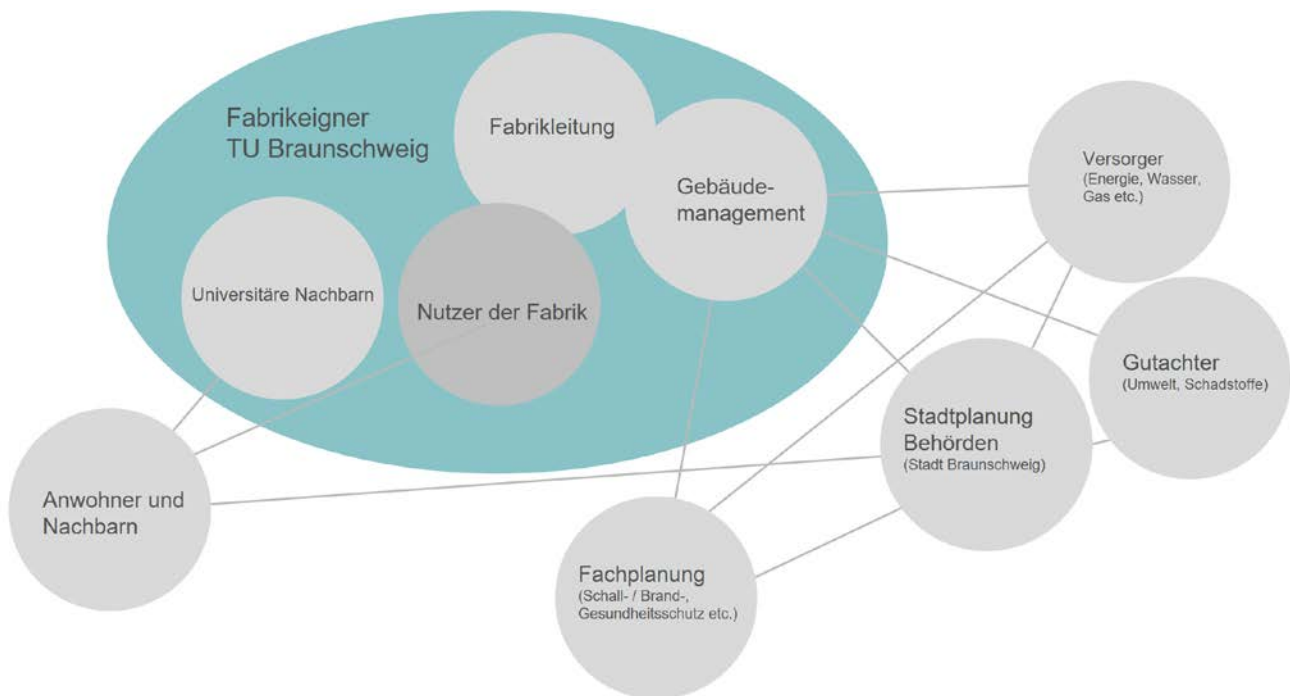


Abbildung 6.2-20: Darstellung der Schlüsselakteure der BLB (Blickrichtung Industriebau) (© IIKE)

Aus der Analysearbeit zum Schwerpunkt Akteure wird ersichtlich, dass gerade aus der Planungs-, Entscheidungs- und Kommunikationsstruktur der TU Braunschweig heraus viele Defizite im Verhältnis nach außen zum urbanen Umfeld aber auch nach innen zu den Einrichtungen, Instituten und Nutzern erwachsen. Wenig direkte Entscheidungen und eine bruchstückhafte Planung münden letztendlich in konstanten, kleinteiligen baulichen Veränderungen, zum Teil mit einem Nebeneinander unterschiedlicher Maßnahmen. Diese werden trotz nachteiliger Erfahrung aus der Historie nicht aktiv kommuniziert, was zu Verunsicherung, Frustration und zum Teil Protest oder aktiver Gegenwehr von innen und/ oder außen führt.

Um, wie für dieses Forschungsprojekt geplant, Veränderungen hin zu einer mit dem Umfeld vernetzten, innovativen und weitreichend akzeptierten Fabrik umzusetzen, ist es daher notwendig ein umfassendes Verständnis der Arbeitsweisen, Interessen und Bedürfnisse jedes einzelnen Schlüsselakteurs aufzubauen. Nur wenn dieses Wissen erfasst und allen Disziplinen zugänglich gemacht werden kann, können Anpassungen sowohl innerhalb des Werkszaunes als auch im urbanen Umfeld umgesetzt werden.

### Analyse der Systemebenen (Industriebau)

Die IST-Analyse aus Sicht der Fachdisziplin Industriebau wird im Anschluss an die Erfassung der Schlüsselakteure um eine detaillierte Untersuchung der Ausgangslage entlang der im Vorfeld beschriebenen Systemebenen (vgl. 3.2) der urbanen Fabrik erweitert.

Für den Bereich Industriebau sind folgende Systemebenen von Bedeutung:



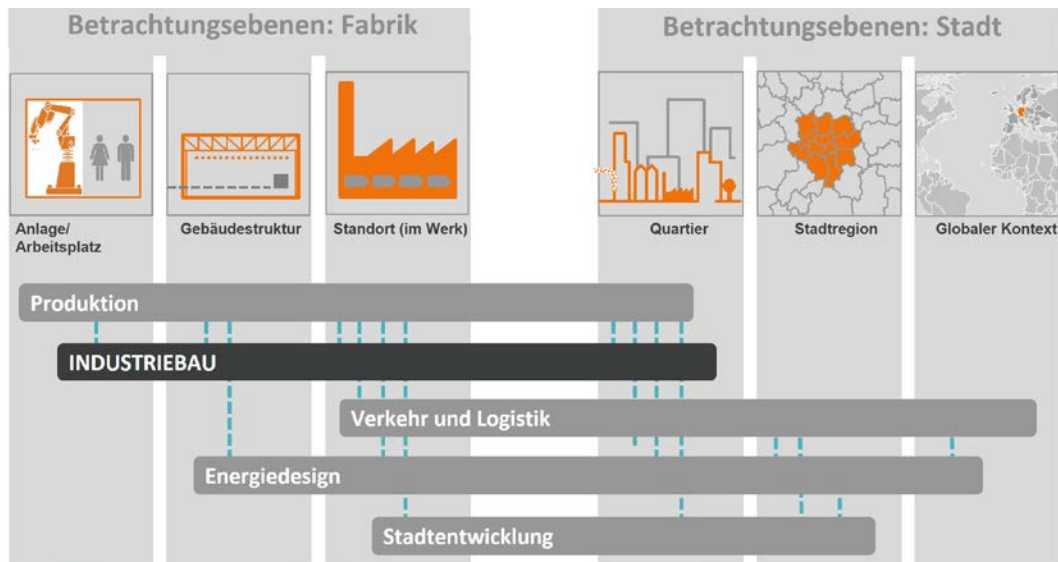


Abbildung 6.2-21: Betrachtungsebenen der BLB – (Blickrichtung Industriebau)

### Quartier

Der Bau bzw. die Entscheidung zum Erhalt einer Produktionsstätte ist fundamental mit den geltenden bauplanerischen Festsetzungen entlang der Baunutzungsverordnung (kurz BauNVO) verknüpft. Eng verbunden mit der Genehmigungsentwicklung sind weitere gesetzliche Vorgaben z.B. zu Verkehrsplanung, Umwelt- und Emissionsschutz, die ebenfalls auf der Ebene des Quartiers wirksam sind. Nach Klärung dieser Rahmenbedingungen beginnt für den Fachbereich Industriebau an dieser Stelle die Entwicklung der Fabrik im Inneren des Werkszaunes.

### WERKSAUN

Die Abgrenzung der Fabrik gegenüber dem angrenzenden Umfeld liegt aus Sicht der Fachrichtung Industriebau auf der baurechtlich abgesicherten Positionierung des Werkszaunes bzw. der Werks-grenze entlang der eigentumsrechtlichen Gegebenheiten der Fabrik. Der Werkszaun wird häufig rein funktional entsprechend der Ziele (Sicherheit, Sichtschutz etc.) gestaltet und nur zu Zwecken der Anlieferung oder Erschließung mit Eingängen bzw. Toren versehen.

### Standort (im Werk)

Standortplanung mit dem Fokus bauspezifischer Aspekte umfasst unter der Beachtung der Aspekte max. Ressourceneffizienz die Kernbereiche Erschließung, Lagerung, Emissionen, Gewässerschutz, Gefahrenstoffe und Transport/Logistik. Zusätzlich werden Gebäudefunktionen bzw. das äußere Erscheinungsbild der Fabrik entwickelt und entsprechend der gesetzlichen Vorgaben umgesetzt.

### Gebäudestruktur

Industriebauten sind je nach den spezifischen Anforderungen von Anlage, Betriebsablauf, notwendiger Größe etc. durch sehr unterschiedliche Strukturen gekennzeichnet. Neben der Produktion (Herstellung, Behandlung, Verwertung, Verteilung) der fallen auch Gebäudestrukturen für Lagerung bzw. Versorgung unter diese Kennzeichnung. Prägend für den Bau sind ein hohes Maß an Standardisierung und eine klare Ausrichtung auf die Erfüllung produktionsspezifischer Anforderungen (Blick von innen nach außen).

### Arbeitsplatz

Ziel optimaler Arbeitsplatzgestaltung ist in erster Linie der Aufbau geeigneter Strukturen, die eine effiziente Erstellung der Produkte ermöglicht. Die einzelnen Arbeitsplätze folgen zusätzlich Anforderungen an optimale ergonomische Aspekte wie z.B. Licht, Farben, Blickbeziehungen, Klima und den Umgang mit Lärm, Vibration, Strahlung und Gefahrstoffen. Zusätzlich gilt es, entlang der Produktionsabläufe eine geeignete Anordnung der Arbeitsplätze zueinander zu erschaffen. Hier kommt die Ausstattung der Arbeitsplätze mit technischen Hilfsmitteln hinzu, die über die optimale Gestaltung der Bauwerke zusätzlich gesichert werden kann.

Tabelle 6.2-3: Begriffsverständnis der Systemebenen (Sichtweise Industriebau)

Die genannten Ebenen werden typischerweise vom Fachbereich Industriebau entlang der Betrachtungsrichtung von außen nach innen untersucht (vgl. Kapitel 3.2). Der hohe Vernetzungsgrad der einzelnen Ebenen erfordert einen ständigen Abgleich und stetige Ergänzung von Informationen. In Form von Tabellen, Karten, Grundrissen, Schnitten, etc. wurden die folgenden Informationen pro Ebene erfasst, aufbereitet und detailliert analysiert (vgl. Anhang A2):

Systemebenen	Informationen zum IST-Zustand der Fabrik
	Frage: Welche Informationen beschreiben den IST-Zustand der Urbanen Fabrik in Bezug auf die folgenden Systemebene und Untersuchungsfelder?
	Untersuchungsfelder
Systemebene: Fabrik im globalen Kontext	Weltweite Vernetzung
	Europa
	Deutschland
	Niedersachsen
Systemebene: Fabrik als Teil einer Stadtregion	Natürliche Vorgaben
	Landschaftsstruktur
	Raumplanung; Nutzungsstruktur
	Bebauungsstruktur; Typologien
	Erschließung; Verkehr
	Sozialstruktur
Systemebene: Fabrik im Quartier	Landschaftsstruktur
	Nutzungen und Nutzungsstruktur
	Umwelt
	Urbanität
	Bebauungsstruktur; Typologien
	Erschließungsstrukturen
	Sozialstrukturen
	Bodenrechtliche/ Planungsrechtliche Vorgaben
Werkszaun	
Systemebene: Fabrik als Produktionsstandort	Geländeflächen
	<b>Flächennutzung &amp; Erschließung</b>
	Baukonstruktionen in Außenanlagen
	Technische Anlagen in Außenanlagen
	Einbauten in Außenanlagen
	Wasserflächen
	Pflanz- und Saatflächen
	Sonstige Außenanlagen
Systemebene: Fabrik als Gebäude (in Anlehnung an DIN 276)	Grundstück
	bestehende bzw. vorbereitende Maßnahmen
	<b>Bauwerk - Baukonstruktionen</b>
	Bauwerk - Technische Anlagen
	unmittelbar angrenzende Außenanlagen
	Ausstattung und Kunstwerke
	Baunebenkosten
Systemebene: Fabrik als Arbeitsplatz / Produktionsanlage (in Anlehnung an Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV)	Arbeitszeit- und Schichtplangestaltung
	Demografie (alters- und altersgerechten Arbeitsgestaltung)
	Sitz- und Steharbeitszeit
	Handwerkszeuge und Ergonomie
	<b>Arbeitsplätze in der Produktion</b>
	Bildschirm- und Büroarbeitsplätze
	Beleuchtung
	Farbgestaltung

Tabelle 6.2-4: Übersicht der industriebauspezifisch relevanten Informationen der IST-Analyse (© IIKE)

Die Ergebnisse der Analyse für das Pilotprojekt BLB werden im Anhang umfassend zur Verfügung gestellt. Exemplarisch sollen an dieser Stelle pro untersuchter Systemebene zentrale Aspekte der industriebauspezifisch durchgeführten Untersuchung kurz vorgestellt werden (in Tabelle 6.2-4 orange markiert):

### Systemebene: Fabrik als Produktionsstandort – Beispiel Flächennutzung & Erschließung

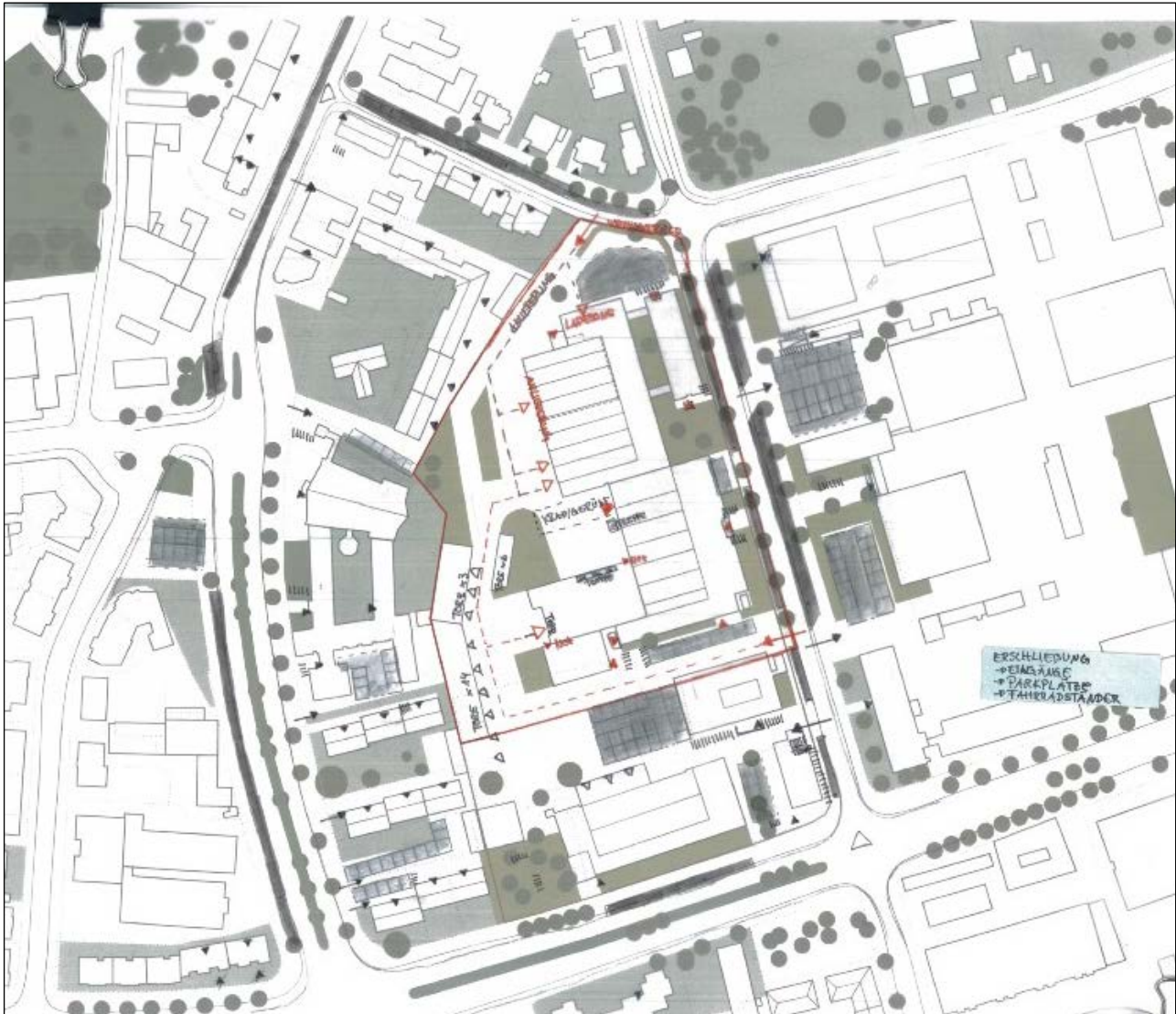


Abbildung 6.2-22: Analyse der Erschließungsstrukturen (Werkszaunverlauf, Zugänge, Parkflächen etc.) (© IIKE)

Die Erschließungsstrukturen der BLB stellen sich auf Basis hoher Vernetzung zu angegliederten Forschungseinrichtungen und vielen sehr unterschiedlichen Nutzern als komplex zu erfassendes System sehr unterschiedlich gegliederter Bereiche dar.

Die Hochschul- bzw. Forschungseinrichtungen verfügen z.T. über unabhängige Zugänge, Anlieferzonen und Parkflächen. Die Eingangsbereiche werden durch einfache, wenig bepflanzte Grünflächen mit z.T. wenig gepflegten Strauchbepflanzungen gegenüber befestigten Flächen sehr unterschiedlicher Qualität abgegrenzt. In vielen Bereichen liegen Freiflächen zwischen den Gebäudeteilen brach und werden nicht genutzt. Die Fläche unmittelbar vor der BLB ist durch große Betonplatten gegliedert.

Klar geführte Wegestrukturen fehlen – vielmehr können das Personal und Studierende aber auch Besucher das Areal auf eigene Faust erkunden und im Gewirr der Funktionen verloren gehen. Die Kennzeichnung der Wege ist über Jahrzehnte gewachsen und uneinheitlich. Ein Werkszaun schirmt das Areal gegenüber Anwohnern im Westen ab. Nach Osten sind sowohl auf dem Areal als auch



Flächen mit Aufenthaltsqualitäten zur Nutzung in Pausenzeiten fehlen fast vollständig und die Nutzer der Produktionsstätte (Personal, Studierende, Besucher) weichen auf weit entfernte Flächen aus. Das Bewegungsprofil verdeutlicht das ständig auf dem Areal stattfindende Ankommen und Verlassen der Menschen.

[illegible]

Die BLB (Gebäude-Nr. 3312) präsentiert sich als weiß verputzter Baukörper, der durch aus der ursprünglichen, inneren Nutzung abgeleiteten Anordnung von Toren und einzelne Türen gegliedert wird. Prägend für das äußere Erscheinungsbild und damit auch klar als Produktionsstätte erkennbar sind die klassischen Pultdächer der Halle, die über Öffnungen in Richtung Norden früher die Arbeitsplätze belichteten ohne direktes Sonnenlicht einzulassen. Die im Innern der Fabrik vorgenommenen spätere Teilung in einzelne Bereiche, einhergehend mit einem Box-in-Box-Prinzip, ist außen nicht ablesbar. Das Gebäude wirkt als ein klar auf das Innere bezogene Ganze ohne durch die Setzung von Öffnungen eine gestalterische Absicht erkennen zu lassen.

Der Gebäudebereich 3326 zeigt eine klare Differenzierung zwischen Büro- und Fabrikbereichen. Die Bürobereiche sind durch Fensteröffnungen mit außenliegendem Sonnenschutz erkennbar. Die Fassade der Fabrik präsentiert sich durch große, mit Trapezblech verkleidete Tore und zusätzliche im oberen Fassadenbereich angeordneten Fenstern.

Die Gebäudeteile 3303 und 3304 präsentieren sich zum Werkhof als dominant und geschlossene wirkende Fabrik mit einzelnen Toren. Zur Straßenseite prägen über mehrere Geschosse regelmäßig angeordnete Fensterbänder mit außenliegendem Sonnenschutz das Erscheinungsbild der Fassaden. Auch das Bürogebäude 3305 als Teil der Produktionsstätte verfügt klar gegliederte Fensterbänder mit Sonnenschutz über mehrere Etagen.

Insgesamt wird deutlich, dass die einzelnen Gebäudeteile auf eine bewegte Vergangenheit zurückblicken und in dieser Zeit vielfach entlang der sich jeweils Anforderungen um- /angebaut wurden. Die bauliche Qualität der einzelnen Bereiche ist sehr unterschiedlich und ein Sanierungsrückstand ist vielfach erkennbar, der, wie zuvor erwähnt und auf den folgenden Bildern exemplarisch gezeigt, in konstanten, kleinteiligen baulichen Maßnahmen bruchstückhaft behoben wird. Instandhaltung und Erweiterung des Standorts werden auch zukünftig rege Bautätigkeiten erfordern.



Abbildung 6.2-24: Fotos Fassadensanierung (Stand 23.02.2016 und 04.09.2018)



Abbildung 6.2-25: Fotos Garagensanierung (Stand 26.04.2016 und 29.07.2017)

### Systemebene: Fabrik als Arbeitsplatz – Beispiel Arbeitsplätze in der Produktion



Abbildung 6.2-26: Analyse der Gestaltung der Arbeitsplätze im Bereich Produktion (© IWF)



Abbildung 6.2-27: Darstellung der produktionsrelevanten Einbauten in BLB und angrenzenden Gebäuden

Die BLB beschäftigt in unterschiedlichen Abteilungen sowohl Studierende als auch ausgebildete Ingenieure und technisches Personal. Institutsabhängig sind sowohl Teil- als auch Vollzeitarbeitskräfte beschäftigt. Alle Mitarbeiter stehen in enger Vernetzung mit Kollegen der Nachbarinstitute und Forschungseinrichtungen. Ein reger Austausch findet statt.



Die Kernarbeitszeiten des Personals begrenzen sich auf einen relativ geringen Zeitraum (ca. 2h), da in den Laborräumen aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen ein konzentriertes Arbeiten nur beschränkt möglich ist. Vielfach besteht ein ständiger Wechsel zwischen stehender und sitzender Arbeit an Maschinen. Auf Basis der verschiedenen Projekte arbeiten die Mitarbeiter in sich stetig ändernden Gruppen miteinander.

Vor Ort in den Produktions- und Laborräumen des BLB gibt es keine Pausenräume. Mitarbeiter nutzen die nahe gelegene Mensa 2 der TU Braunschweig oder verpflegen sich selbst in den Räumen der Institute. Wege reduzieren die Zeit für Pausen. Zusätzlich besteht eine rege Reisetätigkeit des Personals sowohl innerhalb der Stadt Braunschweig auch auf nationaler und überregionaler Ebene

Die Ergebnisse dieser systematischen Analyse werden in tabellarischer Form (vgl. Abbildung 6.2-28) allen Experten des Forschungsvorhabens zur internen Nutzung zur Verfügung gestellt.

Abbildung 6.2-28: Zusammenstellung der Analyse des BLB entlang der Systemebenen (Industriebau)

### Identifikation der Defizite (Sichtweise: Industriebau)

Die Analyse der Ausgangslage hat verdeutlicht, dass auf allen vorab für die Fachdisziplin Industriebau relevanten Systemebenen (Quartier, Standort, Gebäudestruktur, Arbeitsplatz/Anlage) Stellschrauben zur weitreichenden Optimierung der Fabrik existieren. Die Bearbeitung von möglichen Handlungsfeldern im Sinne einer beabsichtigten Verbesserung der Fabrik im urbanen Umfeld kann im Austausch mit einem zu initiierenden Dialog mit anderen beteiligten Fachdisziplinen erfolgen. Dafür gilt es an dieser Stelle alle soweit erkennbaren Defizite zu beschreiben, diese zu beschreiben bzw. visualisieren und gezielt in einen gegenseitigen Austausch möglicher Bedarfe bzw. Angebote zu treten. Auch dieser Forschungsschritt wird weiter innerhalb der Einzeldisziplin durchgeführt, um zunächst das intern verfügbare Fachwissen zu aktivieren.

Auf Basis der systematischen Analyse entlang der Systemebenen können für die BLB zentrale Herausforderungen und Defizite aus Sicht der Disziplin Industriebau identifiziert werden (Auszüge):

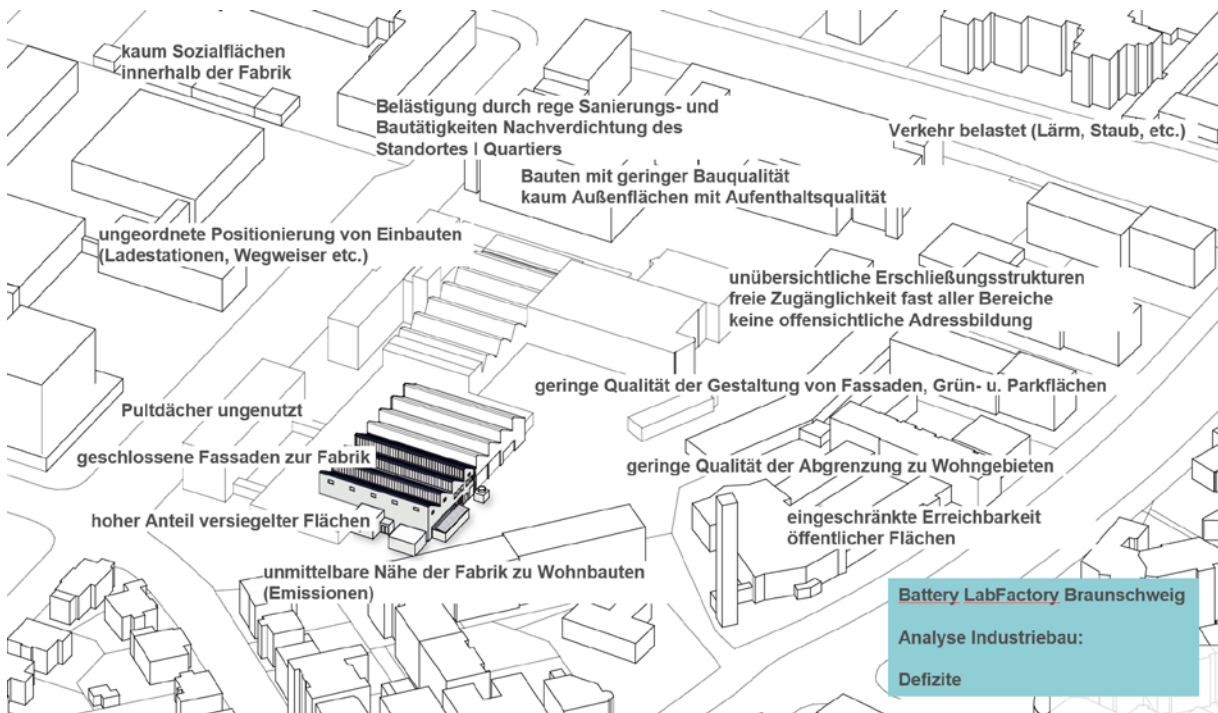


Abbildung 6.2-29: Darstellung der zentralen Defizite (Sichtweise Industriebau) (© IIKE)

Diese Defizite sind Ergebnis vielfältiger Veränderungsmaßnahmen. Die TU Braunschweig strebt eine wachsende Verknüpfung von Hochschule und Industrie an. Die Stadt Braunschweig muss wachsendem Flächendruck, steigenden Kosten für Flächen, veränderten Mobilitätskonzepten etc. entgegentreten. Überfällige Sanierungsmaßnahmen und rege Bautätigkeiten verändern Quartier und Gebäude im Nord-Ost-Bereich der Stadt. Vielfach fallen einzelne Bausteine im Sinne eines qualifizierten Stadtumbaus an den Rand der Betrachtung. An vielen Stellen verzögern z.T. umständliche, träge Planungsanforderungen die Umsetzung innovativer Ideen im Sinne der Erhöhung der Ressourceneffizienz der Bauwerke im Quartier.

### Ableitung industriebauspezifischer Einzelmaßnahmen

Wie alle beteiligten Fachbereiche kann auch der Industriebau zunächst aus sich heraus eine Vielzahl unterschiedlicher Maßnahmen zur Veränderung anbieten. Zentrale Einflussbereiche liegen in der Ausformulierung der Gebäudestrukturen auf dem Werksgelände der Fabrik. Die Verknüpfung von Gebäudetechnik und Bauwerk mit den zu versorgenden Anlagen der Produktion aber auch der Gestaltung von Fassaden, Außenanlagen, Sozialräumen etc. im Sinne hoher Gebäudequalität erlauben die Identifikation von Einzelmaßnahmen für die Anpassung des BLB an aktuelle und zukünftige Herausforderungen. Die unterschiedlich eng miteinander verknüpften einzelnen Defizite lassen sich z.T. zusammenfassen und wie in Abbildung 6.2-29 graphisch darstellen:

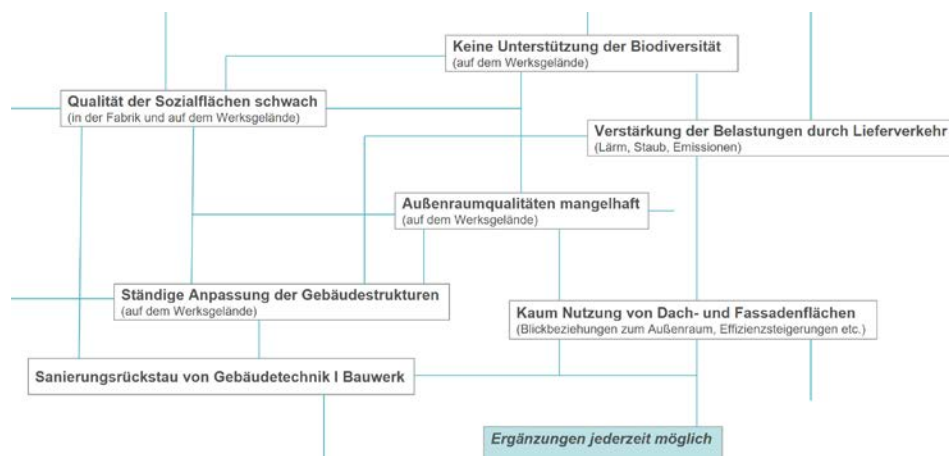


Abbildung 6.2-30: Darstellung zentraler Einflussbereiche zur Ableitung von Einzelmaßnahmen - Industriebau (© IIKE)

Die Identifikation von möglichen industriebauspezifischen Einzelmaßnahmen als Reaktion auf erfasste Defizite des BLB im urbanen Umfeld wurden anhand verschiedener konkreter Anlässe durchgespielt und – zumeist unabhängig davon - in Teilen bereits umgesetzt.

An dieser Stelle wurde das Defizit „Bodenbeläge in der Produktionshalle fehlerhaft“ als bauspezifisches Defizit erkannt und dient der Veranschaulichung der gewählten Vorgehensweise.

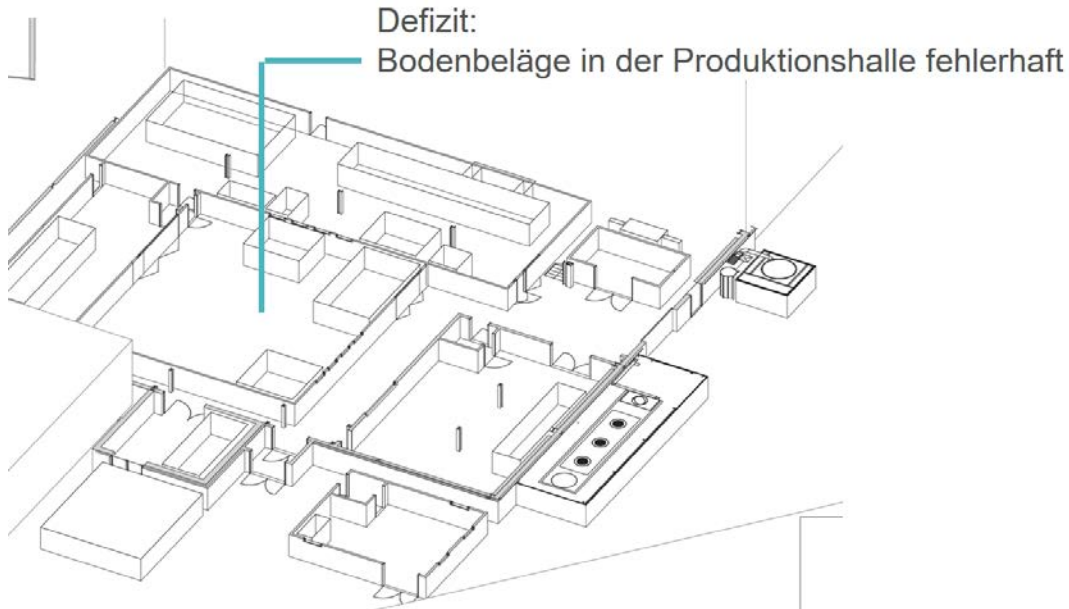


Abbildung 6.2-31: Beispiel-Defizit „Fehlerhafte Bodenbeläge“ (© IIKE)

Im Normalfall würde auf Basis des festgestellten Mangels durch Gutachter der Fabrikeigner (TU Braunschweig) die Schlüsselakteure aus den Bereichen Gebäudemanagement, Fachplanung Produktion und Industriebau bzw. Versorgung mit der unmittelbaren Behebung des Schadens im Inneren der Fabrik beauftragen.

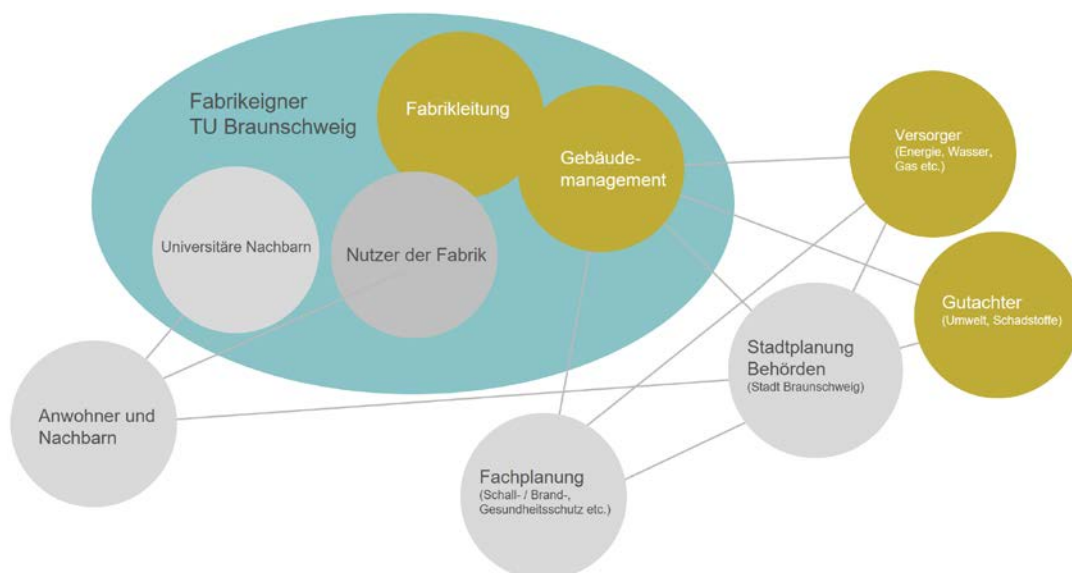


Abbildung 6.2-32: Konstellation „Beteiligte Akteure zur üblichen Behebung von Schäden im inneren der Fabrik“ (© IIKE)

Die Umsetzung dieser Baumaßnahme erfordert im Detail die vollständige Räumung der Produktionshalle und im Anschluss eine ca. dreimonatige Abriss- und Bauphase. Der alte Hallenboden muss abgetragen und entsorgt werden – neue Materialien werden eingebaut. Für die Zeit des Umbaus müssen ggf. temporäre Bauten auf dem Werksgelände errichtet werden. Konsequenzen dieser gängigen Vorgehensweise wären beispielsweise:



**Fachplanung**

- Planungsaufwand zur Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen
- Kontrollarbeiten zur Sicherstellung der sachgemäßen Ausführung der Arbeiten
- ...

**Nutzer der Fabrik:**

- Zusätzliche Arbeitsbelastung durch Umzug in Übergangsquartier
- Beschwerden über Zeitverlust für eigene Forschungs- und Lehrtätigkeiten
- ...

**Universitäre Nachbarn:**

- Platzmangel durch „Zusammenrücken“ mit Mitarbeiter:innen der BLB
- Beschwerden über fehlende Verkehrsflächen auf dem Werksgelände
- Beschwerden über Lärm- und Staubbelaästigungen
- ...

**Stadtplanung und Behörden:**

- Verpflichtung zur Bereitstellung von Infrastruktur
- Verpflichtung zur Bearbeitung aller genehmigungspflichtigen Vorgänge
- ...

Hinzukommen, wie zuvor beschrieben, bedingt durch Historie des Standorts bzw. als Reaktion auf Umbaumaßnahmen der jüngeren Vergangenheit, auch beispielsweise:

**Anwohner und Nachbarn:**

- Irritationen über erneute Bautätigkeiten | Unklarheit über Zweck der Bautätigkeiten
- Beschwerden über Lärm- und Staubbelaästigungen
- Beschwerden über Baustellenverkehr
- Beschwerden über angebliche Gesundheitsgefahren
- ...

Die genannten Reaktionen der zusätzlichen Akteursgruppe haben Auswirkungen auf alle Schlüsselakteure und werden häufig durch Verzögerungen und Kostensteigerungen in ihrer Wirkung verstärkt. Es gilt diesen Risiken entgegen zu treten und konkrete Einzelmaßnahmen zu identifizieren, um den notwendigen reibungslosen Austausch des Hallenbodens zu ermöglichen. Hierbei gilt es die Belange des urbanen Umfelds zu berücksichtigen. Die Ableitung der möglichen Maßnahmen erfolgte systematisch auf folgende Weise:

**Schritt 1: Festlegung von Betrachtungsschwerpunkten aus Sicht des Fachbereiches Industriebau**

- ▶ Einbindung der Fabrik in benachbarte Gebäudestrukturen: Es gilt die Interessen des Unternehmens als auch der umliegenden Funktionen aus Wohnen, Büro, Lehre/ Forschung und Erholung zu erfassen und im Sinne hoher Ressourceneffizienz zu berücksichtigen.
- ▶ Veränderungen im laufenden Betrieb: Anpassungen am bzw. im Bauwerk des BLB müssen auf Basis extrem hoher Auslastung im laufenden Betrieb erfolgen. Dies verändert die Herangehensweise an die Umsetzung von bauspezifischen Veränderungen.
- ▶ Systemübergreifende Betrachtung: Es gilt das Gesamt-Gebäudesystem „Urbane Fabrik“ zu erfassen und über die Grenzen der einzelnen Ebenen hinaus Anpassungsvorschläge umzusetzen.
- ▶ Erfassung | Berücksichtigung der Schlüsselakteure: Wie Tabelle 6.2-1 und Tabelle 6.2-2 verdeutlichen, sind viele sehr unterschiedliche Akteure an der (Weiter-)Entwicklung des BLB beteiligt. Es gilt aus dieser generischen Liste heraus Schlüsselakteure für die BLB und genau die auszuführende Maßnahme zu identifizieren um sie aktiv in Veränderungsprozesse zu integrieren. Fachplaner aus dem Bereich Industriebau sind dabei besonders gefordert, um zielführende Kommunikationsstrukturen aufzubauen.

**Schritt 2: Erfassung BLB-spezifischer Einzelmaßnahmen (Sichtweise: Industriebau)**

Unter Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen der geplanten Sanierung des Hallenbodens auf im Normalfall nicht beteiligte Akteure (hier besonders: Anwohner und Nachbarn) sowie durch die Erfassung der gesetzten Schwerpunkte wurde deutlich, dass die Baumaßnahme mit Weitsicht geplant und umgesetzt werden sollte. Um die Risiken zu minimieren, wurden folgende Einzelmaßnahmen zur Abfederung der möglichen Reaktionen im Umfeld der Fabrik identifiziert.

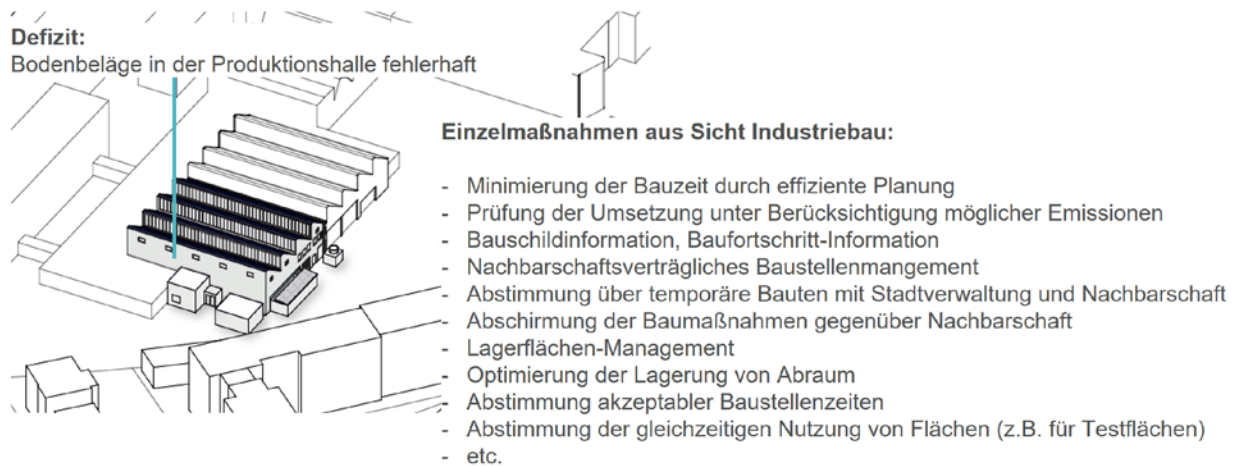


Abbildung 6.2-33: Darstellung industriebauspezifischer Einzelmaßnahmen – Praxisbeispiel Hallenboden (© IIKE)

Die identifizierten Einzelmaßnahmen aus Sicht des Fachbereiches Industriebau verdeutlichen, dass vielen der genannten Risiken aus der Disziplin heraus nur unzureichend entgegengetreten werden kann. Zur effizienten Behebung des Defizits „Austausch Bodenbelag in der Produktionshalle“ bedarf es eines Dialogs mit den sonst unbeteiligten, aber im Verlauf der Untersuchung als Schlüsselakteure identifizierten Akteuren und der Nutzung weiterer Expertise der Fachdisziplinen Produktion, Stadtentwicklung, Verkehr & Logistik sowie Energiedesign. Hier ist einerseits Spezialwissen vorhanden und kann aktiviert werden, andererseits bringt jede Disziplin eine auf ihr Spezialgebiet passende Sichtweise und entsprechende Maßnahmen ein, die es abzugleichen und zu bewerten gilt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde weitere Beispiele der Defizitbetrachtung praxisorientiert durchgespielt und ergänzende mögliche Maßnahmen zur Anpassung der Fabrik erfasst und zugänglich gemacht.

### 6.2.1.3 Fachbereich Verkehr & Logistik

#### Analyse des IST-Zustands

Basis der Analyse des IST-Zustands aus verkehrlicher und logistischer Perspektive vollzieht sich grundsätzlich auf den Systemebenen *Standort*, *Quartier*, *Stadtregion* sowie *Globaler Kontext*. (siehe Abbildung 6.2-34) Auf den Ebenen *Stadtregion* und *Globaler Kontext* sind aus logistischer Perspektive die grundlegende Beschaffungsstrategie und Lieferantenstruktur relevant. Aus verkehrlicher Sicht kann die Ebene Globaler Kontext vernachlässigt werden, für die Ebene Stadtregion stehen die Pendlerbeziehungen zur BLB im Vordergrund. Auf den Ebenen *Quartier* und *Standort* sind sowohl aus verkehrlicher als auch logistischer Sicht die tatsächliche Abwicklung des Personen- und Güterverkehrs auf der vorhandenen Infrastruktur im Zentrum der Analyse.

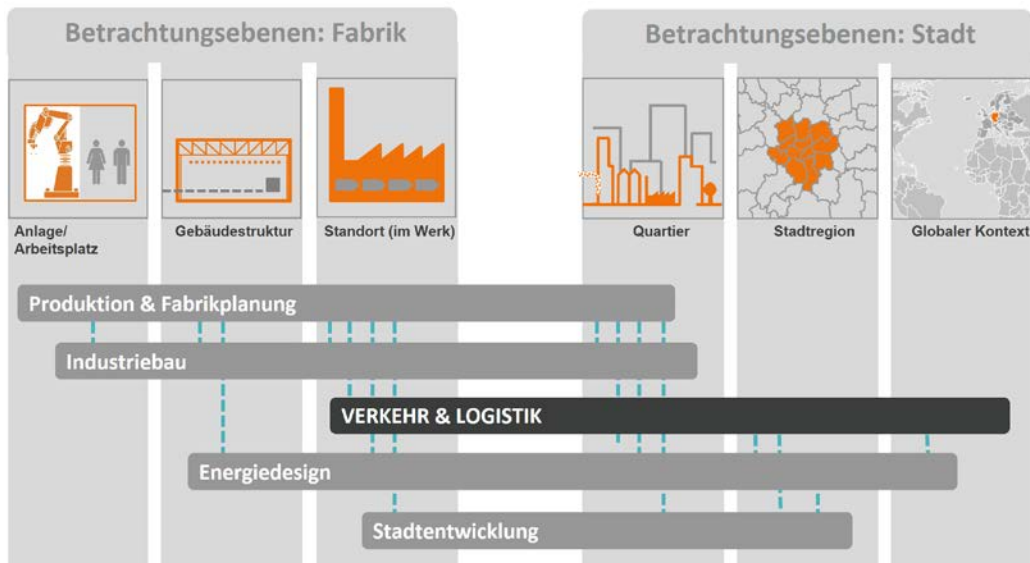


Abbildung 6.2-34: Betrachtungsebenen der BLB – (Blickrichtung Verkehr &amp; Logistik)

Zur Analyse der Beschaffungsstrategie und Lieferantenstruktur auf den Ebenen *Stadtregion* und *Globaler Kontext* kann eine Lieferscheinanalyse eingesetzt werden. Hierbei können bestellte und eingegangene Mengen nach Aufkommen, Gütergruppen, Lieferant und Herkunft beurteilt werden. Aufgrund der Funktion als Forschungsfabrik verfügt die BLB über keinen nennenswerten Wareneingang. Dies konnte in Interviews bestätigt werden. Die wenigen Rohstoffe, die zur Fertigung der Produkte benötigt werden, werden zudem in der Regel zum jeweiligen Institut geliefert und von dort aus von den Mitarbeitern zur BLB gebracht. Ebenfalls werden keine gefertigten Produkte distribuiert, sondern in der Regel gealtert und dann entsorgt.

Die Analyse auf den Ebenen *Quartier* und *Standort* erfolgt auf Basis von Karten des Quartiers bzw. Gebäudes der BLB sowie auf Basis einer Befragung der Mitarbeitenden der BLB. Abbildung 6.2-35 zeigt die Analyse des innerbetrieblichen Materialflusses der BLB.

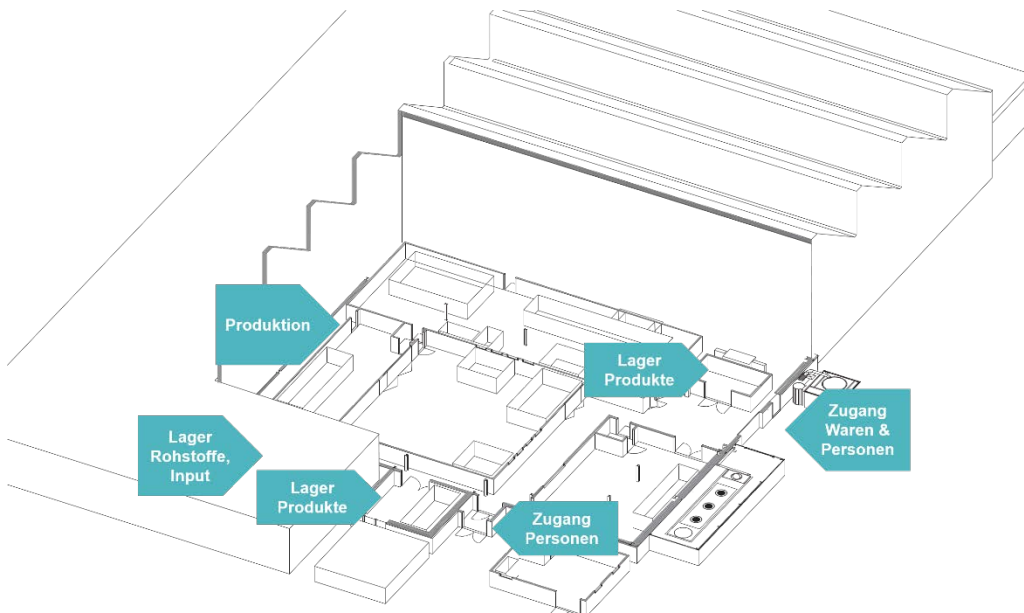


Abbildung 6.2-35: Analyse des innerbetrieblichen Materialflusses der BLB

Wie aus der Lieferscheinanalyse und Anlage als Forschungsfabrik zu erwarten, verfügt die BLB über begrenzte Produktions- und Lagerkapazitäten. Es existiert ein Lager für Rohstoffe sowie zwei Läger für die gefertigten Produkte. Die Läger werden nicht nur zur Zeitüberbrückung genutzt, sondern hier werden die gefertigten Produkte künstlich gealtert, um Aussagen über Qualität und Lebensdauer

treffen zu können. Die innerbetriebliche Produktion besteht aus einzelnen Fertigungsinseln, die materialflusstechnisch nur lose miteinander gekoppelt sind. Der innerbetriebliche Materialfluss ist entsprechend unstetig organisiert und wird mit Hilfe von Handwagen, Rollwagen o.Ä. durchgeführt. Aufgrund der wechselnden Anordnungen der Fertigungsinseln und Produktionsabläufe ist diese flexible Form des innerbetrieblichen Materialflusses für die angemessen und sinnvoll. Zudem werden die Mitarbeitenden aufgrund der geringen Mengen nicht übermäßig durch den manuellen Transport belastet. Grundsätzlich ist der Zugang für Personen von dem für Waren getrennt. Am Wareneingang befindet sich jedoch zusätzlich ein Personeneingang, um Anlieferungen entgegennehmen zu können und dafür nicht das Wareneingangstor nutzen zu müssen.

Auf höherer Ebene wird kann die Einbettung des Gebäudes der BLB in seine unmittelbare Umgebung aus verkehrlicher und logistischer Perspektive betrachtet werden (siehe Abbildung 6.2-36).

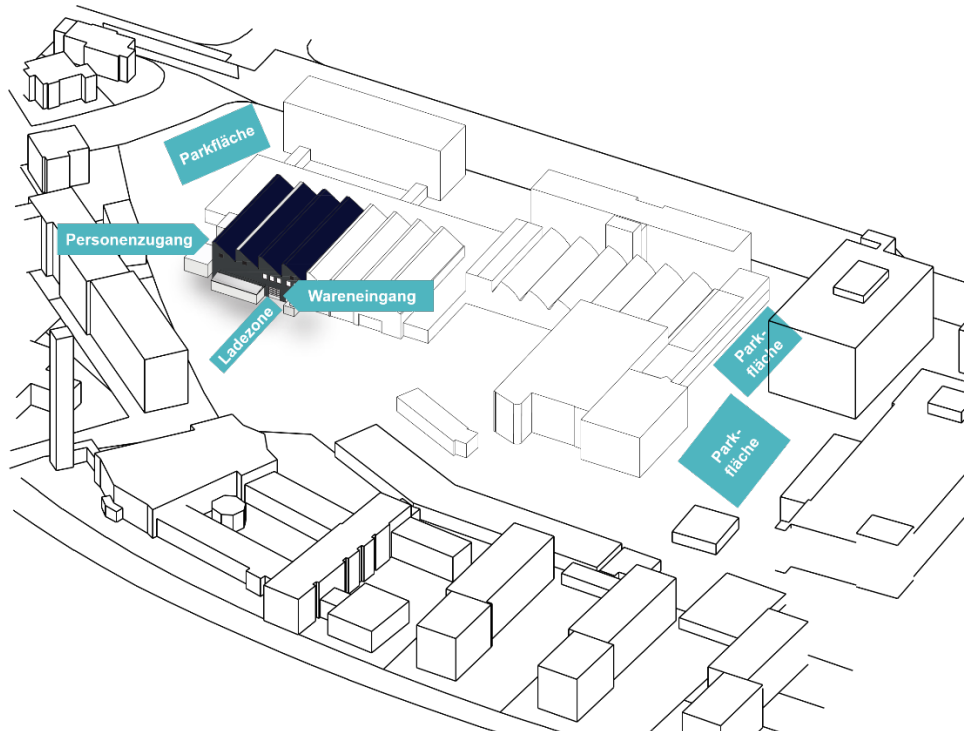


Abbildung 6.2-36: Einbettung der BLB in das umgebende Quartier

Die BLB verfügt, gemeinsam mit anderen Einrichtungen in dem Gebäudekomplex über eine große, betonierte Hofffläche, die sich über die gesamte westliche Gebäudeseite erstreckt. Die Hofffläche dient anderen Einrichtungen in dem Gebäudekomplex als Testgelände für Landmaschinen, wird ansonsten nicht genutzt und ist Freifläche. Im Westen grenzt die Hofffläche an Wohnbebauung sowie eine kirchliche Einrichtung, von denen sie mithilfe von Garagen und einer Mauer abgegrenzt wird. Auf der Westseite der BLB befindet sich der Wareneingang sowie die dazugehörige Ladezone, die unmarkiert ist. Zudem sind keine Wege auf der Hofffläche für Anliefererverkehre markiert. Die Ladezone bzw. der Wareneingang ist nicht ausgeschildert.

Auf Quartiersebene können die Wegebeziehungen für Personen- und Waren dargestellt und analysiert werden. Abbildung 6.2-37 zeigt die Hauptwege, die die BLB umgeben und die mit Kraftfahrzeugen befahrbar sind. Zusätzlich eröffnen sich zu Fuß oder mit dem Fahrrad weitere Wegebeziehungen zwischen den Gebäuden.

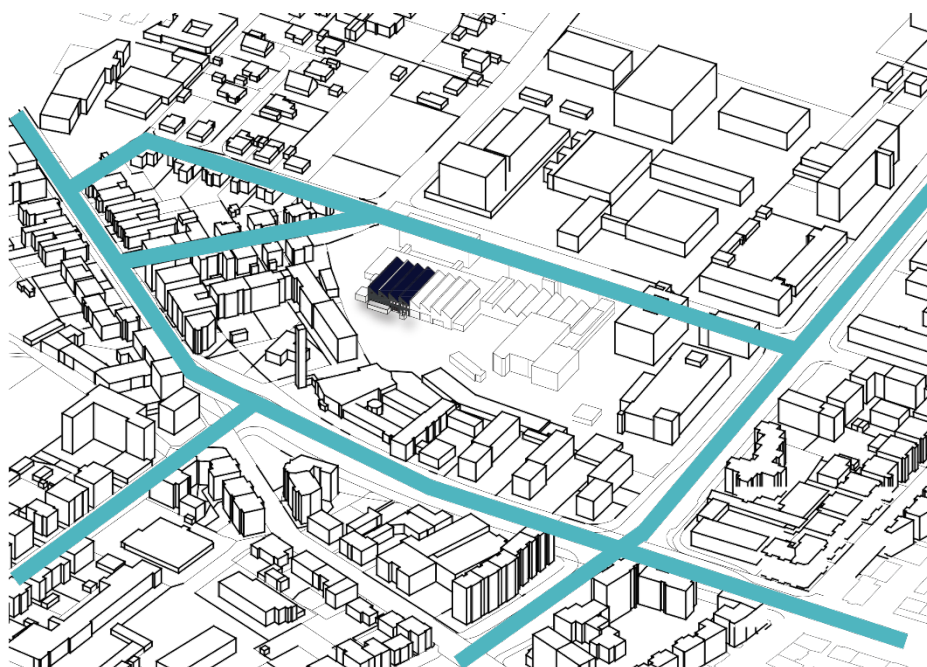


Abbildung 6.2-37: Wegebeziehungen im Quartier der BLB

Die markierten Wege sind grundsätzlich zu Fuß, mit dem Fahrrad, dem Pkw oder Lkw befahrbar es existieren keine Beschränkungen hinsichtlich der Befahrbarkeit bezüglich Anliegerverkehren oder des zulässigen Gesamtgewichts des Fahrzeugs. Parkflächen für Kraftfahrzeuge befinden sich an den Straßenrändern sowie auf Flächen angrenzender Gebäude sowie der Hoffläche des BLB Komplex' (siehe dazu auch Abbildung 6.2-36)

Neben einer grafischen Analyse der BLB wurde zudem eine Onlinebefragung der Mitarbeitenden durchgeführt. Der komplette Fragebogen findet sich im Anhang A1. Bei dieser Befragung wurde die Gelegenheit genutzt zusätzlich zum Input für die verkehrliche Analyse Input für andere Fachbereiche zu erzeugen. Insgesamt wurden 18 Mitarbeitende der BLB zu

- ▶ Verkehrssituation, Pendlerverhalten und Verkehrsverhalten
- ▶ Umliegenden Nutzungen und
- ▶ Aufenthalts- und Bauqualität

befragt. Die nachfolgenden Tabellen geben ausgewählte Ergebnisse der Befragung wider.

Verkehrliche Anbindung		
Zu Fuß		Durchschnitt
Sehr gut [5]	6	≈ 3,9
Gut [4]	6	
Mittel [3]	2	
Schlecht [2]	1	
Sehr schlecht [1]	1	
Keine Angabe	2	
Mit dem Fahrrad		Durchschnitt
Sehr gut [5]	11	≈ 4,4
Gut [4]	4	
Mittel [3]	0	
Schlecht [2]	2	
Sehr schlecht [1]	0	
Keine Angabe	1	
Mit dem ÖPNV		Durchschnitt
Sehr gut [5]	3	≈ 3,4
Gut [4]	4	
Mittel [3]	6	
Schlecht [2]	3	
Sehr schlecht [1]	0	



Keine Angabe	2	
Mit dem Auto		Durchschnitt
Sehr gut [5]	12	≈ 4,6
Gut [4]	3	
Mittel [3]	2	
Schlecht [2]	0	
Sehr schlecht [1]	0	
Keine Angabe	1	

Tabelle 6.2-5: Verkehrliche Anbindung der BLB

Die verkehrliche Anbindung der BLB wird im Allgemeinen als gut bis sehr gut beschrieben. Insbesondere die Anbindung mit dem Auto als auch mit dem Fahrrad werden als sehr gut bewertet. Einzig die Anbindung mit dem ÖPNV schneidet mit 3,4 von maximal 5 Punkten eher durchschnittlich ab.

Verkehrsprobleme im Umfeld der BLB	
Zu wenige/zu schlechte Radwege	4
Zu wenige/zu schlechte Fußwege	1
Zu wenig/zu schlechtes ÖPNV Angebot	4
Mangelnde Wegebeziehungen zur Nachbarschaft	6
Häufige Verkehrsstaus	2
Parkplatzmangel	2
Keine Probleme	7
Sonstiges: Defekte Parkplätze und Zuwegungen	1
Sonstiges: Schwierig für Lieferverkehr im engen Wohngebiet zu rangieren	1
Sonstiges: Zu wenige Fahrradabstellmöglichkeiten	1
Keine Angabe	1
Maßnahmen zur Behebung der Verkehrsprobleme im Umfeld der BLB	
Verbesserung durch Ausbau der Fußwege	3
Verbesserung durch Ausbau der Radwege	5
Verbesserung durch Öffnen zusätzlicher Wegebeziehungen	7
Verbesserung durch mehr ÖPNV Verbindungen	2
Verbesserung durch Erhöhung des Taktes im ÖPNV	5
Verbesserung durch Einrichtung von verkehrsberuhigten Bereichen	4
Verbesserung durch Ausbau des Parkplatzangebotes	5
Verbesserung durch Einrichtung von Lieferzeitfenstern für den Lkw-Verkehr neben den Stoßzeiten	0
Sonstiges: Sanierung von Zuwegungen und Parkplätzen	1
Sonstiges: Errichtung neuer ÖPNV-Haltestellen an der Kreuzung Langer Kamp/Hans-Sommer-Str.	1
Sonstiges: Aufstellen von Fahrradständern	1
Keine Angabe	5
Änderung des Verkehrsverhaltens bei Umsetzung der Maßnahme	
Ich würde mehr	
zu Fuß gehen	1
mit dem Fahrrad fahren	5
den ÖPNV nutzen	2
mit dem Pkw fahren	0
keine Angabe	0

Tabelle 6.2-6: Verkehrsprobleme und Maßnahmen zur Behebung

Wie zu erwarten sehen die meisten Befragten keine Probleme in der Verkehrssituation um die BLB. Sechs der 18 Befragten wünschen sich eine Erhöhung des ÖPNV-Takts, sogar sieben wünschen sich die Öffnung weiterer Wegebeziehungen zu den umliegenden Straßen. Dies überrascht, da die Verkehrssituation für Fußgänger durchschnittlich als gut bewertet worden war.

Pendlerverhalten	
Von und nach Hause	
Pendeln zu Fuß	4
Pendeln mit dem Fahrrad	9
Pendeln mit dem Pkw	3



Pendeln mit dem ÖPNV	9
Am Campus zwischen dem Institut und der BLB	
Pendeln zu Fuß	10
Pendeln mit dem Fahrrad	1
Pendeln mit dem Elektroroller	0
Pendeln mit dem ÖPNV	1
Pendeln mit dem Pkw	6
keine Angabe	2

Tabelle 6.2-7: Penderverhalten

Von Zuhause pendeln die Mitarbeitenden am häufigsten mit Fahrrad oder mit dem ÖPNV. Entsprechend pendeln mit insgesamt zehn Mitarbeitenden zwischen ihrem Institut und der BLB zu Fuß und verzichten hier auf das Fahrrad. Dies korrespondiert mit der Angabe, dass mehr Personen mit dem Fahrrad zur BLB fahren würden, wenn sich die Verkehrssituation diesbezüglich verbesserte.

Nutzung fußläufig erreichbarer Einrichtungen und Geschäfte	
Lebensmittelgeschäfte (Supermarkt, Bäckerei etc.)	
täglich	3
2-4 Mal pro Woche	8
einmal pro Woche	2
1-3 Mal pro Monat	2
weniger als einmal pro Monat	2
keine Nutzung	0
Keine Angabe	1
Weitere Geschäfte des täglichen Bedarfs (Kiosk, Drogeriemarkt etc.)	
täglich	0
2-4 Mal pro Woche	1
einmal pro Woche	3
1-3 Mal pro Monat	3
weniger als einmal pro Monat	1
keine Nutzung	8
Keine Angabe	2
Geschäfte des nicht täglichen Bedarfs (Elektromarkt, Fahrradladen etc.)	
täglich	0
2-4 Mal pro Woche	0
einmal pro Woche	0
1-3 Mal pro Monat	2
weniger als einmal pro Monat	5
keine Nutzung	9
Keine Angabe	2
Dienstleister (Post, Bank, Arzt, Frisör etc.)	
täglich	0
2-4 Mal pro Woche	0
einmal pro Woche	0
1-3 Mal pro Monat	6
weniger als einmal pro Monat	5
keine Nutzung	5
Keine Angabe	2
Universitätsgastronomie	
täglich	4
2-4 Mal pro Woche	3
einmal pro Woche	0
1-3 Mal pro Monat	2
weniger als einmal pro Monat	6
keine Nutzung	2
Keine Angabe	1
Andere Gastronomie	
täglich	0
2-4 Mal pro Woche	0
einmal pro Woche	1

1-3 Mal pro Monat	4
weniger als einmal pro Monat	8
keine Nutzung	3
Keine Angabe	2
Andere universitäre Einrichtungen (Hochschulsport, Bibliothek etc.)	
täglich	0
2-4 Mal pro Woche	0
einmal pro Woche	2
1-3 Mal pro Monat	3
weniger als einmal pro Monat	5
keine Nutzung	6
Keine Angabe	2
<b>Welche Einrichtungen oder Geschäfte fehlen Ihnen bzw. für welche Nutzungen sehen Sie Potentiale?</b>	
Andere universitäre Einrichtungen (Hochschulsport, Bibliothek etc.)	
Bäckerei	2
Café	2
Kiosk, Zeitschriftenladen	1
Drogeriemarkt	1
Restaurant	1
Afterwork-Bar	1
Gemeinsame Werkstatt	1

Tabelle 6.2-8: Inanspruchnahme umliegender Einrichtungen der BLB

Sowohl umliegende Geschäfte des täglichen Bedarfs und die Einrichtungen der Hochschulgastronomie werden von den Mitarbeitenden häufig genutzt. Andere Einrichtungen gar nicht bis selten. Dies scheint nicht maßgeblich dadurch begründet zu sein, dass diese Einrichtungen nicht vorhanden sind. Die Mitarbeitenden geben sich zurückhaltend zu den Potenzialen anderer Nutzungen, wünschen sich in der Tendenz jedoch zusätzliche gastronomische Angebote.

Aufenthalts- und Bauqualität der BLB		
Außenraumqualität		Durchschnitt
Sehr zufrieden	0	≈ 2,4
Zufrieden	7	
Weniger zufrieden	8	
Gar nicht zufrieden	1	
Keine Angabe	2	
Grünflächen		Durchschnitt
Sehr zufrieden	0	≈ 1,8
Zufrieden	3	
Weniger zufrieden	6	
Gar nicht zufrieden	7	
Keine Angabe	2	
Gestaltungsqualität des Gebäudes		Durchschnitt
Sehr zufrieden	1	≈ 2,6
Zufrieden	9	
Weniger zufrieden	4	
Gar nicht zufrieden	2	
Keine Angabe	2	
Baulicher Auftritt nach außen (Adressbildung)		Durchschnitt
Sehr zufrieden	1	≈ 2,2
Zufrieden	4	
Weniger zufrieden	8	
Gar nicht zufrieden	3	
Keine Angabe	2	
Wünschenswerte, bauliche Änderungen an Gebäude und Flächen		
mehr, schönere, gepflegtere, ansprechendere Grünflächen		7
Attraktiverer Haupteingang, besser gepflegte Zufahrt, Sanierung der Zufahrtswege, neue Fußwege		6
Bessere Sichtbarkeit und Kennzeichnung (Logo, lesbare Schilder)		3

Erholungsbereich, kreativ gestaltete Sitzcke im Außenbereich	2
größere Räumlichkeiten, mehr Lagerräume, Duschen, getrennte Umkleiden	2
autarke Energieversorgung durch Solaranlage mit Energiespeicher	1
bessere Erhaltung des Baubestands	1

Tabelle 6.2-9: Aufenthaltsqualität an der BLB

Die Aufenthaltsqualität an der BLB wird im Allgemeinen als unterdurchschnittlich bewertet. Weder der bauliche Auftritt, noch die Gestaltungsqualität oder die Außenraumqualität überzeugt die Mitarbeitenden. Besonders schlecht schneiden das Vorhandensein, die Verfügbarkeit und Qualität der Grünflächen ab. Zudem wünschen sich die Mitarbeitenden einen gepflegteren Auftritt der BLB nach Außen, indem beispielsweise die Zufahrtswege saniert werden. In diesem Zusammenhang kann auch der Wunsch nach einer besseren Sichtbarkeit der BLB im Praktischen – durch eine Beschilderung – oder im Identitätsstiftenden – durch ein Logo – eingeordnet werden.

Die Analyse der BLB aus verkehrlicher und logistischer Sicht sowie aus anderen Fachbereichen durch die Online-Befragung hat mehrere Defizite und Potenziale zu Tage gefördert. Größtes Potential aus verkehrlicher bzw. logistischer Sicht ist die große Hof- bzw. Freifläche, über die die BLB gemeinsam mit den weiteren Nutzungen im Gebäudekomplex verfügt. Diese kann teilweise gänzlich oder nur in bestimmten Zeitlagen für andere Nutzungen freigegeben werden. Die BLB hat wiederum Bedarf an einem positiven Image im Sinne einer Adressbildung und einem gepflegten Auftritt. Dazu zählt auch ein Bedarf an Grünflächen und Aufenthaltsflächen. Dies konnte durch die Befragung der Mitarbeitenden bestätigt werden. Es ist aber zudem davon auszugehen, dass ebenfalls Anwohnende hier Bedarf sehen. Auffällig in der Befragung der Mitarbeitenden ist zudem, dass zehn Befragte zu Fuß auf dem Campus mobil sind, sechs mit dem Pkw, aber nur eine Person mit dem Fahrrad. Grundsätzlich eignen sich die zurückgelegten Strecken für die Nutzung des Fahrrads. Die geringe Nutzung kann aber zum einen auf fehlende, sichere Abstellmöglichkeiten zurückgeführt werden. Zum anderen verfügen Personen, die mit dem Pkw oder ÖPNV zum Campus pendeln nicht über ein Fahrrad, um diese am Campus zu nutzen. Die BLB verfügt somit über Bedarf an sicheren Abstellmöglichkeiten für Fahrräder. Zum anderen, besteht Bedarf an Alternativen zum Auto für Mobilität auf dem Campus, z. B. einem Leihfahrrad-System. Dieses kann für den gesamten Campus und umliegende Quartiere eingerichtet werden.

Weitere im Quartier identifizierte Bedarfe gelten sowohl für die BLB bzw. die Mitarbeitenden als auch für weitere Akteure, insbesondere Anwohnende, im Quartier. Die Online-Befragung hat ergeben, dass im Umfeld der BLB Bedarf an Durchwegung und Durchlässigkeit besteht. Dies bezieht sich auf den nicht motorisierten Verkehr, für den neue Wegebeziehungen eröffnet werden können. Abbildung 6.2-38 zeigt Potentiale bzw. Defizite bezüglich der Wegebeziehungen im Umfeld der BLB.

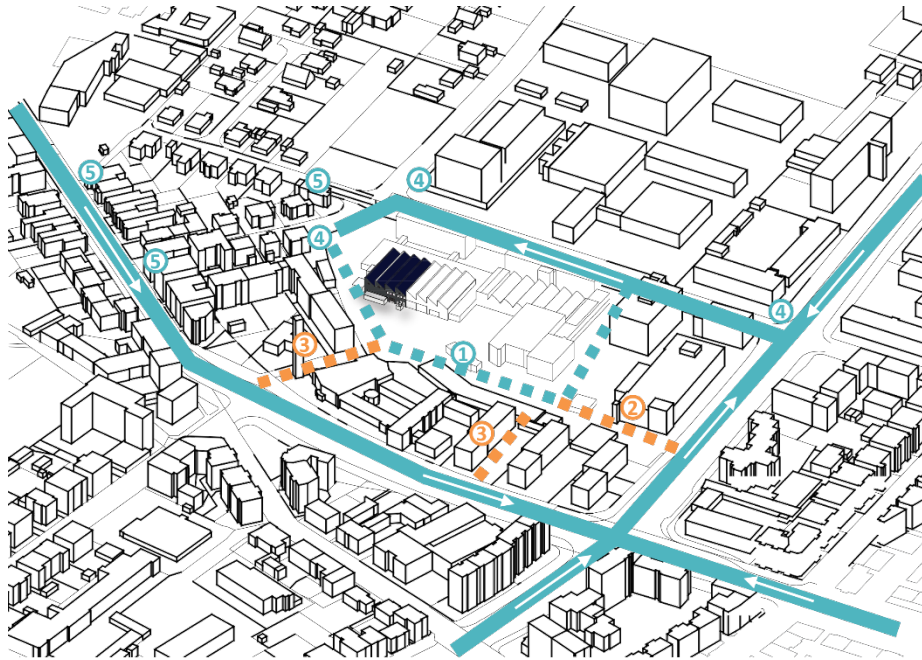


Abbildung 6.2-38: Wegebeziehungen und Potentiale im Umfeld der BLB

Der markierte Weg (gestrichelte Linie, Nummer 1) auf der Hofffläche der BLB wird von Pkw als Fahrweg genutzt. Die Fläche ist nicht dafür vorgesehen, aber über die Parkflächen zugänglich. Zur Beruhigung der Hofffläche, zur Erhöhung der Sicherheit und als Voraussetzung für eine anderweitige Nutzung der Hofffläche kann dieser Weg für den Pkw Verkehr geschlossen werden. Gleichzeitig können auf der Hofffläche zusätzliche Wegebeziehungen für den nicht motorisierten Verkehr (Nummer 2 und 3) eröffnet werden. So würden vor allem weitere Radwege eröffnet, die zur Erhöhung des Fahrradfahreranteils beitragen können.

Zudem wird ein potentieller Bedarf des Quartiers an Verkehrsführung identifiziert. Aus der Analyse der BLB geht hervor, dass diese über keinen nennenswerten Warenein- oder -ausgang verfügt. Dennoch können vereinzelte Anlieferungen im Quartier zu Verkehrsbehinderungen und Lärmbelastung führen. Zudem ist es möglich, dass BLB oder andere Nutzungen im Gebäude in Zukunft mehr Anlieferverkehr erzeugen. In diesem Fall kann eine Verkehrsführung über verschiedene Maßnahmen realisiert werden. Zum einen kann bereits vorab, beispielsweise auf der Website der BLB, nicht nur die postalische Adresse, sondern ebenfalls eine Lieferadresse angegeben werden. Zudem kann eine bebilderte Anfahrsbeschreibung erstellt werden. Im Quartier selbst können Hinweisschilder aufgestellt werden (siehe Nummer 3), sodass Anlieferungen über die Hauptverkehrsstraßen erfolgen. Zum wäre es möglich, einzelne Straßen für Anlieferungen zu sperren (siehe Nummer 5), damit die Anlieferfahrzeuge nicht im Wohngebiet rangieren oder halten müssen.

Personen- und Güterverkehr im urbanen Raum unterliegen globalen und nationalen Trends. Zu diesen zählen die (Re-)Urbanisierung, steigende Kundenanforderungen und Individualisierung, der Güterstruktureffekt, die Wiederbelebung der Innenstadt als Handelsstandort und nicht zuletzt steigende Warenmengen. Dies führt zu einer großen Belastung bzw. Überlastung der Infrastruktur des Verkehrssystems Stadt und führt zu langen Fahrzeiten sowie hohen Lärm- und Umweltbelastungen (Vastag 2014). Für die urbane Logistik stellt sich daher die Herausforderung eine sichere, umweltverträgliche und effiziente Ver- und Entsorgung der Städte zu gewährleisten.

Betrachtungsgegenstand der urbanen Logistik innerhalb des Forschungsprojekts ist der Wirtschaftsverkehr, der in Zusammenhang mit der betrachteten Fabrik steht. Damit werden „alle ökonomiebasierten Verkehre [...], die durch den Transport von Menschen in Ausübung ihres Berufes (Personenwirtschaftsverkehr) sowie durch den Transport von Gütern und Waren (Güterverkehr) entstehen“, verstanden (Flämig 2007). Dies umfasst sowohl Personenverkehre und Gütertransporte zur Ver- und Entsorgung der Fabrik sowie Dienstleistungsfahrten in deren Auftrag. Pendlerverkehre zur und von der Fabrik sind nicht Betrachtungsgegenstand des städtischen Wirtschaftsverkehrs. Eine

entsprechende Erweiterung wird – aufgrund der Nennung im Projektantrag – jedoch in Erwägung gezogen.

Verkehrliche Maßnahmen für den städtischen Wirtschaftsverkehr sind vielfältig. Eine Gruppe dieser Maßnahmen wird unter dem Schlagwort „City Logistik“ geführt. Maßnahmen der City Logistik beschreiben „überbetriebliche Konzepte zur Versorgung und Entsorgung von Verdichtungsräumen mit dem Ziel der Optimierung des Liefer- und Abholverkehrs durch Vernetzung der individuellen Lieferketten von Einzelwirtschaften in Innenstädten“ (Neumair und Haas). Neben dem Fokus auf den urbanen Raum steht bei diesen Maßnahmen eine Kooperation verschiedener Akteure im Vordergrund. Taniguchi und Thompson (2002) beziehen zudem „the traffic environment, traffic congestion and energy consumption within the framework of a free market economy“ in die City Logistik ein. Diese Perspektive fordert demnach u. a. eine Ausrichtung auf ökologische Verbesserungen und, dass diese im Rahmen einer freien Marktwirtschaft zu erfolgen haben.

Die Maßnahmen der City Logistik sind demnach kooperative Maßnahmen, die von Unternehmen eingeführt und umgesetzt werden. In welcher Art und Weise diese Kooperation ausgeführt wird, bleibt zunächst offen. Für das Forschungsprojekt bietet die auf Akteursebene heruntergebrochene Beschreibung der Maßnahmen einen wertvollen Ansatzpunkt. Aus Sicht des Forschungsprojekts existieren zunächst zwei Akteure: Die Fabrik und die Stadt. Die Stadt setzt sich allerdings im Gegensatz zur Fabrik aus wiederum unterschiedlichen Akteuren zusammen. Konkret muss allerdings die Auswahl einer geeigneten Maßnahme in jedem Fall immer den maßgebenden Akteur (als Initiator, Mitwirkender etc.) berücksichtigen. Für die allgemeine Beschreibung von verkehrlichen Maßnahmen in urbanen Räumen haben sich unterschiedliche Beschreibungsansätze entwickelt (z. B. Muñuzuri et al. 2005). Im Folgenden wird auf die Kategorisierung von Dahmen (2017) zurückgegriffen. Demnach lassen sich Maßnahmen in ordnungspolitische/regulative, preispolitische, infrastrukturelle/stadtplanerische, technische, informations-/kommunikationstechnische sowie und organisatorische/betriebliche Maßnahmen unterteilen.

Ordnungspolitische/regulative Maßnahmen ändern die operativen Rahmenbedingungen unter denen Verkehr im urbanen Raum durchgeführt wird. Dazu zählen z. B. die Festlegung von Abgasgrenzwerten und die Einführung oder Erweiterung von Umweltzonen sowie die Festlegung von Ladezonen und Zugangsbeschränkungen für bestimmte Fahrzeuge.

Preispolitische Maßnahmen ändern die finanziellen Rahmenbedingungen unter denen Verkehr im urbanen Raum durchgeführt wird und greifen daher in die Preisbildung des Verkehrsmarkts ein. Diese Maßnahmen belohnen entweder gewünschtes Verhalten oder bestrafen ungewünschtes Verhalten. Beispiele für solche Maßnahmen sind (Energie-)Steuern, City-Maut oder die Erhebung von (Straf-)Gebühren.

Infrastrukturelle/stadtplanerische Maßnahmen regulieren die Flächennutzung und sollen eine angepasste bzw. ausreichende (Verkehrs-)Infrastruktur zur Verfügung stellen. Damit beeinflussen solche Maßnahmen direkt das Ausmaß an infrastrukturellen Ressourcen, die zur Durchführung von Verkehr zur Verfügung stehen. Infrastrukturelle/stadtplanerische Maßnahmen haben einen direkten Akteursbezug zur Stadt bzw. Kommune, die diese als hoheitliche Aufgaben umsetzen. Beispiele sind Flächennutzungspläne oder die Bemessung und der Ausbau von Verkehrsanlagen wie Straßen oder Kreuzungen.

Technische Maßnahmen beziehen sich auf die technische Weiterentwicklung der eingesetzten Verkehrs- und ggf. Umschlag- und Lagermittel. Prominente Beispiele für solche Weiterentwicklungen sind alternative Antriebe oder neue Fahrzeugtypen, die besser an den Transportzweck und Verkehr im urbanen Raum angepasst sind. Aus weitreichenden technischen Neuerungen können sich zudem neue Logistikkonzepte entwickeln. Ein Beispiel dafür ist der Umbau und die Umnutzung eines Binnenschiffs, das auf der Seine in Paris als mobiles Depot für Sendungen und zweispurige Lastenräder dient und mehrere Anlegestellen pro Tag anfährt (Dizian et al. 2014).

Informations-/kommunikationstechnische Maßnahmen sollen einerseits das generelle Bewusstsein für die negativen Auswirkungen des Verkehrs schärfen andererseits durch Informationsverfügbarkeit und Kommunikationsmöglichkeiten den Verkehrsteilnehmern oder -planern helfen, ökologischere oder effizientere Entscheidungen zu treffen. Beispiele sind die Verkehrssignalisierung wie beispielsweise Leitsysteme oder die Stauanzeige und -prognose.

Organisatorische/betriebliche Maßnahmen greifen in operative Abläufe ein oder verändern das zugrundeliegende Transportkonzept, um Effizienzpotentiale in der eigenen Organisation zu heben. Diese Maßnahmen gehen in der Regel von Unternehmen aus, die eigenständig oder in Kooperation mit anderen Unternehmen umgesetzt werden. Diese Maßnahmenkategorie hat starke Bezüge zum Konzept der City Logistik. Beispiele für organisatorische/betriebliche Maßnahmen sind Belieferungsoperationen von Transportdienstleistern, Bestellkooperation von Empfängern oder die Änderung der Fahrzeugflotte bis hin zum Einsatz alternativer Fahrzeugtypen wie Lastenrädern.

Aus der vorangestellten Analyse des IST-Zustands aus ergeben sich aus verkehrlicher und logistischer Perspektive folgenden, mögliche Maßnahmen

- Abstimmung von Bestellzeitpunkten (bei Mengenwachstum im Wareneingang)
- Zeitfenster (bei Erweiterung der Lieferantenstruktur oder Mengenwachstum)
- Passiver Lärmschutz
- Einfahrtsverbote für Lkw, Fahrzeugsystem, Informationsbereitstellung
- Mehrzwecknutzung/shared spaces der Hoffläche ggf. in Zusammenhang mit Paketannahmestation (z.B. Packstation Inhouse)
- Anlegen und Pflege von Grünflächen und Aufenthaltsflächen und –bereichen
- Öffnen weiterer Wegebeziehungen im Umfeld der BLB
- Einrichtung eines Bike-Sharings am Campus und mehr Abstellmöglichkeiten für Fahrräder
- Einrichtung von Parkplätzen auf der Hoffläche bei Veranstaltungen oder nach Feierabend für Anwohner

#### 6.2.1.4 Fachbereich Energiedesign

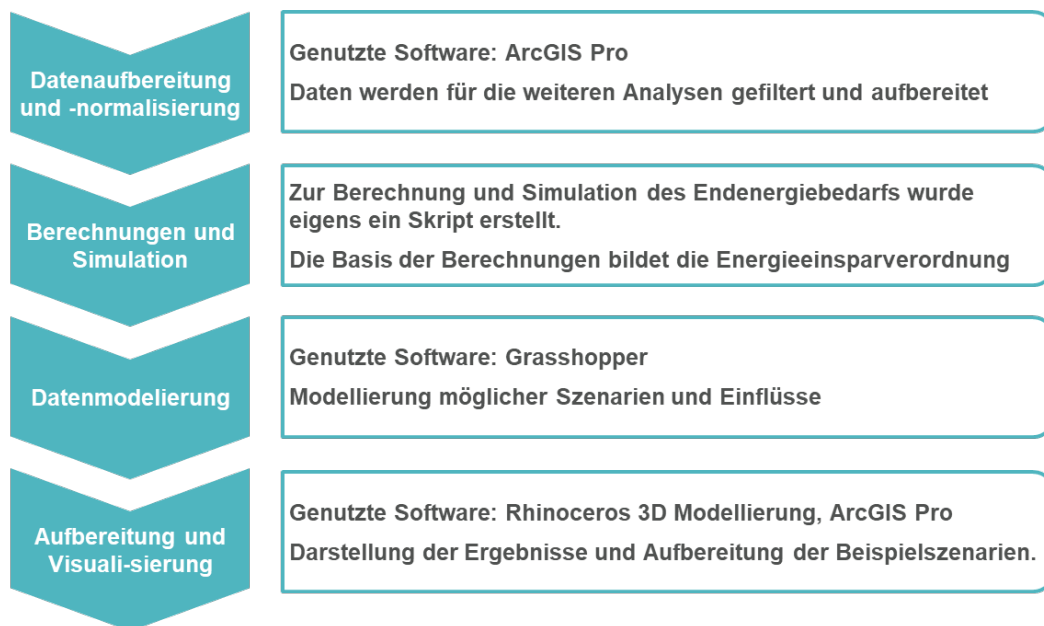


Abbildung 6.2-39: Vorgehensweise des Energiedesigns

#### Analyse des IST-Zustands

Basis der Analyse des IST Zustands aus energetischer Sicht sind die Ebenen: Standort und Quartier. Der globale Kontext wird weitgehend ausgeblendet und wird beschrieben über den Primärenergiebedarf, der dem System von externen Quellen hinzugefügt werden muss. Im Kontext des Forschungsvorhabens ist dieser Primärenergiebedarf grundsätzlich zu minimieren und aus alternativen Quellen im System zu gewinnen bzw. umzuverteilen. Im Bereich des Energiedesigns wurde sich auf das Umfeld des BLB mit den verbundenen Verbraucherabhängigen Energieströmen auseinandergesetzt. Eine komplette Energieflussanalyse wurde im Pilotprojekt „Energie für Geisweid“ (siehe Kapitel 6.4) durchgeführt.



Um die Energieflüsse einschätzen und berechnen zu können, musste die umliegende Bebauung typologisiert und bewertet werden. Hierfür wurde die Umgebung des BLB in mehreren Ortsbegehungen aufgenommen und festgehalten. Die aufgenommenen und bewerteten Gebäude sind in Abbildung 6.2-40 zu sehen. Ziel ist es, eine Hotspotanalyse der Energieverbräuche nach der Energieeinsparverordnung (ENEV), zu erstellen und daraus Rückschlüsse auf alternative Energieträger zu ziehen.



Abbildung 6.2-40: Übersicht der aufgenommenen Gebäude

In Abbildung 6.2-41 ist die Gebäudetypisierung und Geschossanzahl dargestellt.

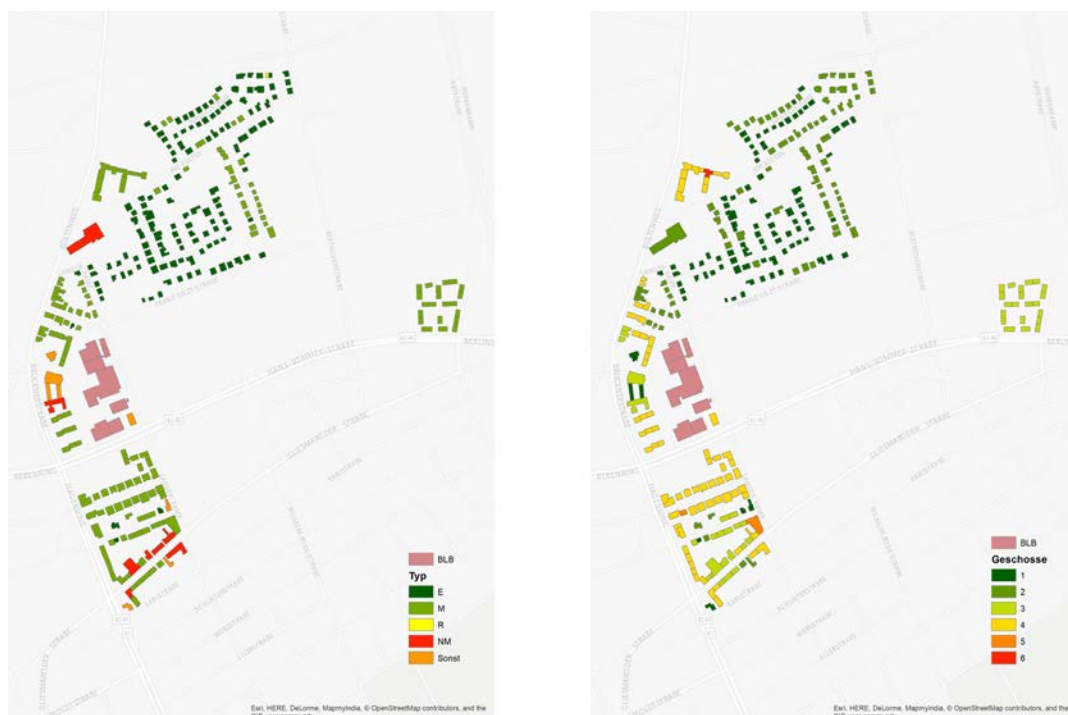


Abbildung 6.2-41: Gebäudetypisierung im Umfeld der BLB

Es zeigte sich, dass die Umliegende Bebauung überwiegend zwei- und dreigeschossigen Ein- und Mehrfamilienhäusern und Bürogebäuden besteht. Diese Art der Aufteilung ist aus energetischer Sicht positiv zu bewerten, da keine großen Verbraucher, wie sie in Industriebetrieben vorkommen, vorhanden sind und keine hohen Lastspitzen auftreten.

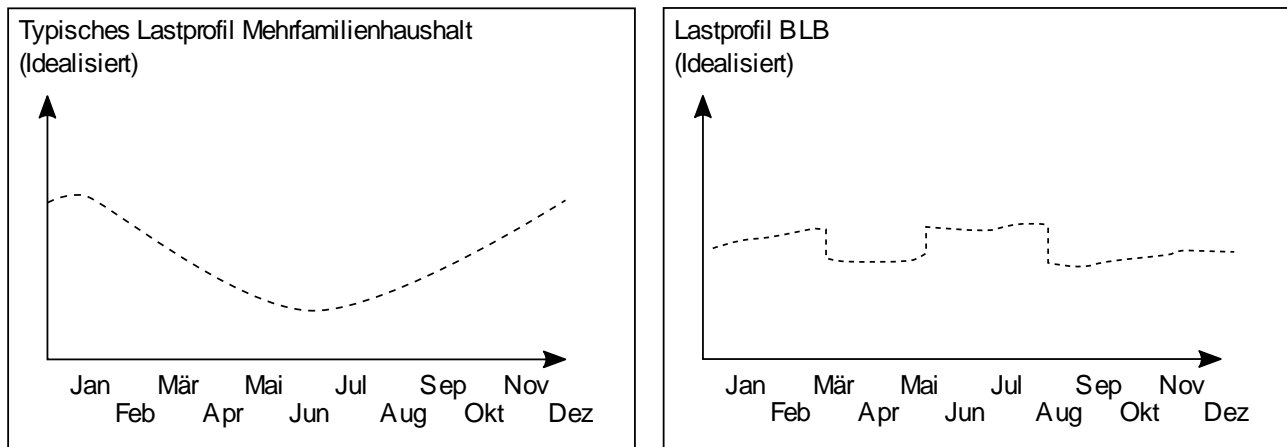


Abbildung 6.2-42: Gegenüberstellung der Lastprofile eines Mehrfamilienhaushalts und der BLB

Der Energieverbrauch von Mehrfamilienhäusern weist typischerweise in den Sommermonaten ein tief auf, die BLB benötigt hier besonders viel Energie (vgl. Abbildung 6.2-42). Eine Eigenart der BLB ist, dass der Energieverbrauch stark schwankend ist. Diese Schwankungen ziehen sich über das gesamte Jahr.

### Identifikation der Defizite (Sichtweise: Energiedesign)

Die Voruntersuchung verdeutlicht, dass ein hohes Potenzial für das Energiedesign vorhanden ist, auch wenn der Gesamtenergiebedarf, verglichen mit Industriebetrieben, gering ausfällt. Es zeigt sich ebenfalls, dass ein effizientes Energiemanagement nur gelingen kann, wenn das gesamte Quartier betrachtet wird.

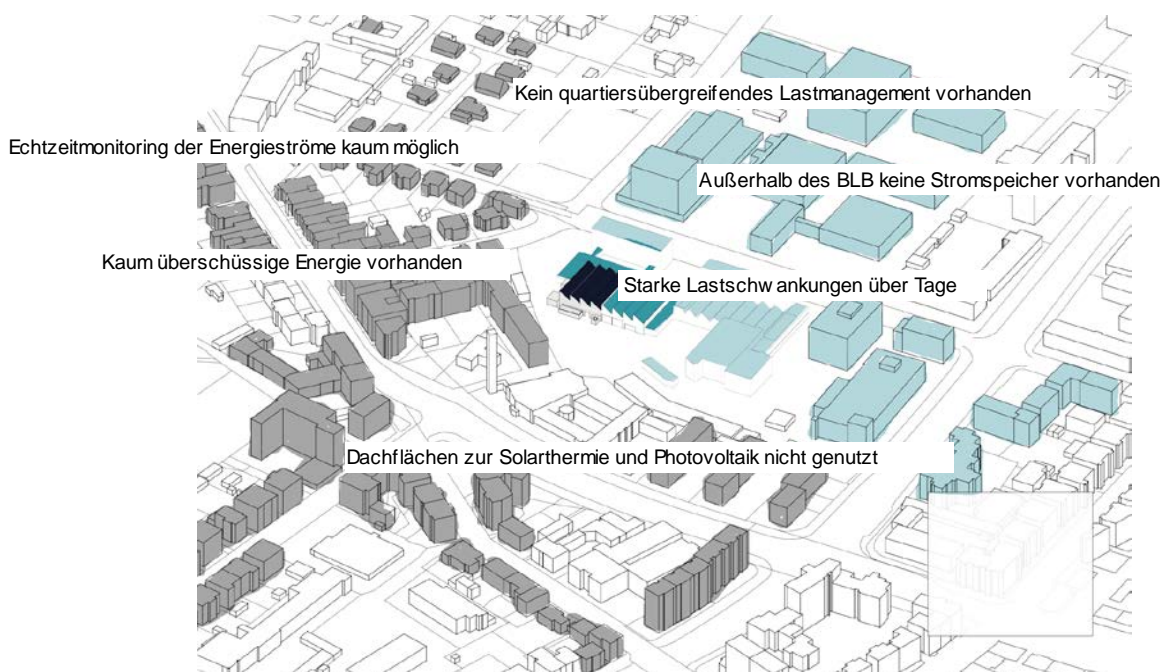


Abbildung 6.2-43: Darstellung der zentralen Defizite (Sichtweise Energiedesign)

Die Abbildung 6.2-43 zeigt, dass aus der elektroenergetischen Sichtweise viele Potenziale vorhanden sind. Das Lastmanagement im Quartier ist nicht vorhanden, Dachflächen zur Stromerzeugung nicht genutzt und Stromspeicher zur Überbrückung von Lastspitzen sind nicht vorhanden.

## Ableitung energiedesignspezifischer Einzelmaßnahmen

Nachdem Defizite identifiziert wurden werden daraus Einzelmaßnahmen abgeleitet.

### Lastmanagement:

Zum Lastmanagement gehören bauliche Veränderungen, wie der Austausch der Zähler und Steuerungsmöglichkeiten von Verbrauchern und Erzeugern, sowie die Vernetzung dieser an einen zentralen Ort. Dieses ist für das gesamte Quartier schwer zu erreichen, Einzelbereiche können jedoch sehr wohl gemanagt und diese vertraglich aneinandergebunden werden.

### Stromspeicher:

Hier gilt es als erstes die Lastspitzen über das Tagesmittel abzufangen und Tageszeiten mit Überschussenergie zu identifizieren und sinnvoll in das Speicherkonzept einzubinden. Die Einzelmaßnahme Stromspeicher kann mit der Maßnahme Lastmanagement gekoppelt werden.

### Photovoltaik und Solarthermie:

Die bisher ungenutzten Dachflächen sollten auf ihren potenziellen solaren Ertrag hin untersucht werden. Hier bieten sich die Universitäts- und Verwaltungsbauten auf Grund ihrer großen Dachflächen die überwiegend als Flachdächer ausgeführt sind an.

### Energetische Emissionsreduktion:

Der konsequente Austausch alter Verbraucher mit moderneren führt zu einer energetischen Emissionsreduktion, vor allen im Bereich der grauen Energie.

### Überschüssige Energie:

Sobald die energetischen Potenziale der Mehrfamilienhäuser gehoben werden, ist ein Energieüberschuss zu erwarten. Dieser fällt vor allen bei der elektrischen Energie an.

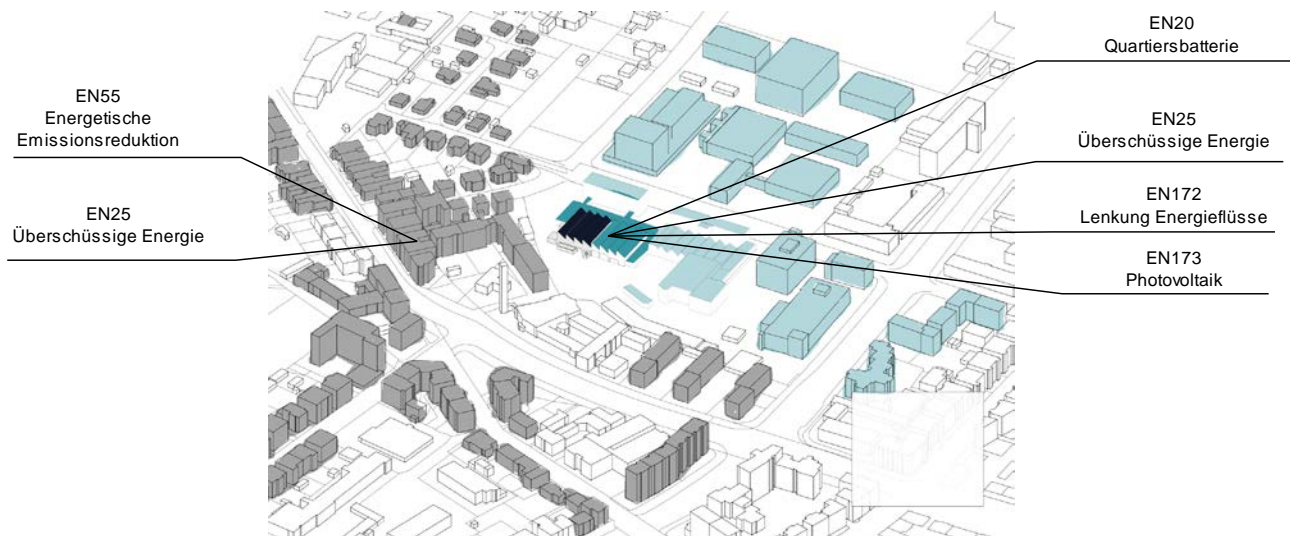


Abbildung 6.2-44: Maßnahmenvorschläge Sichtweise Energiedesign

Die dargestellten Maßnahmen stellen Vorschläge dar. Tiefgreifende Analysen wurden im Projekt BLB nicht durchgeführt.

### 6.2.1.5 Fachbereich Städtebau

#### Analyse IST-Zustand:

Der Fachbereich Stadtentwicklung und Städtebau betrachtet die räumliche Struktur und Interaktion des Fabrikstandortes innerhalb des Quartiers und der Stadtregion. In Richtung des Standortes und Gebäudes ergeben sich Schnittstellen zum Bereich Industriebau, insbesondere in der Betrachtung von Gebäude- und Freiraumstrukturen. Auf Ebene von Quartier und Stadtregion bestehen Verknüpfungen zum Fachbereich Verkehr & Logistik sowie zum Bereich Energiedesign.

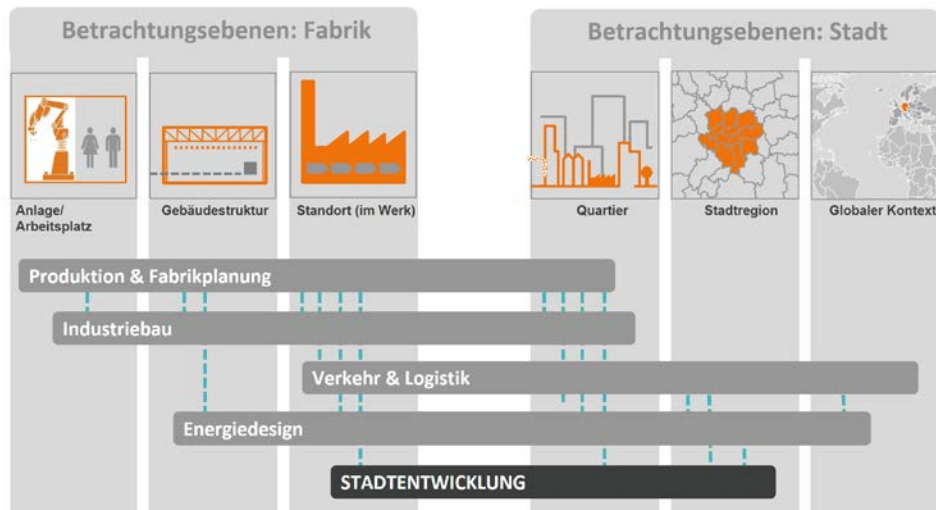


Abbildung 6.2-45: Betrachtungsebenen der BLB – (Blickrichtung Städtebau)

Hierbei werden folgende Aspekte untersucht:

- ▶ Flächennutzung und Flächenpotenziale
- ▶ Bauliche Einfügung
- ▶ Bauplanungsrecht
- ▶ Erschließungsstruktur
- ▶ Soziale Infrastruktur
- ▶ Freiräumliche Einbindung

Der Betrachtungsraum der Untersuchung umfasst den Standort der BLB mit dem Gebäudekomplex und den daran angrenzenden privaten Freiräumen, den näheren Betrachtungsraum der angrenzenden Straßen und Baufelder sowie das weiter gefasste Quartier des nordöstlichen Innenstadtbereichs im Radius von ca. 1 km um den Standort der BLB.



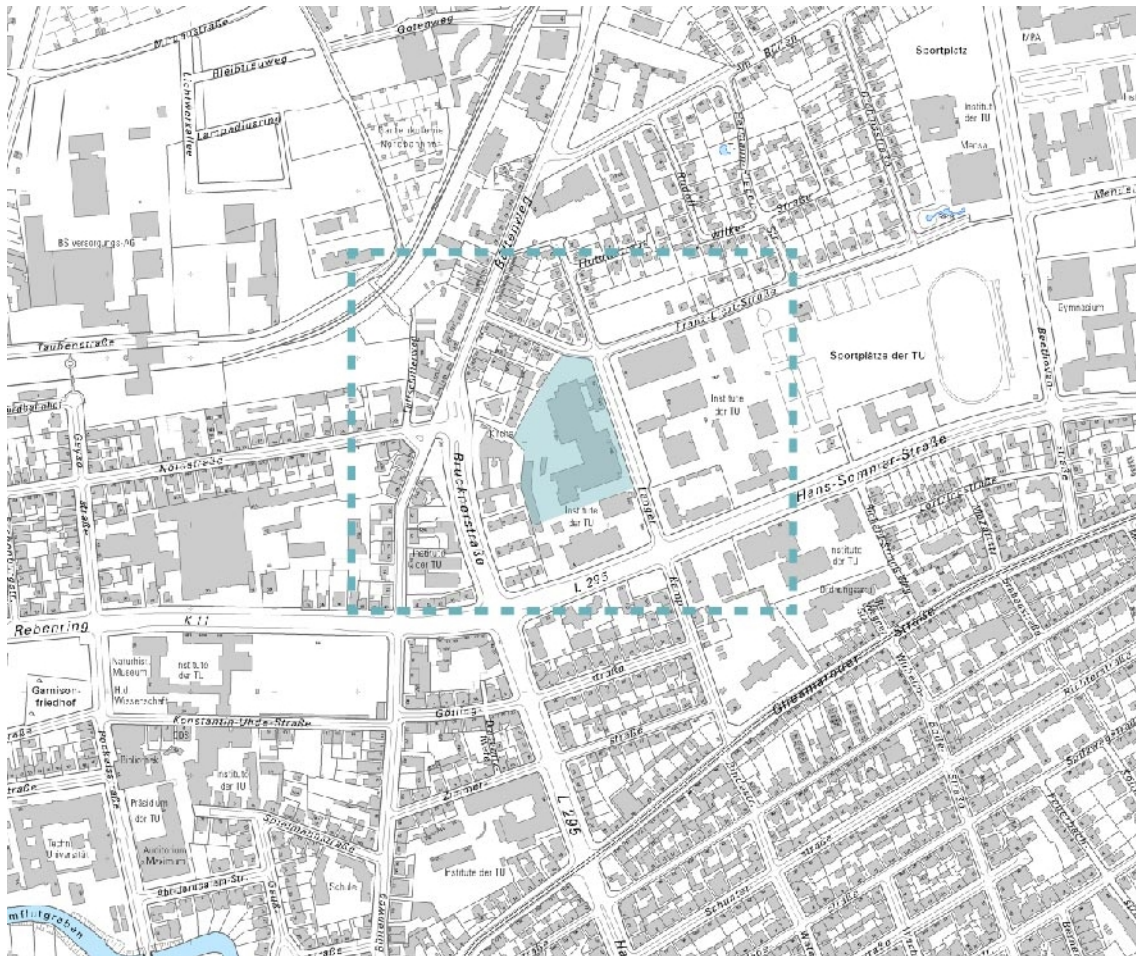


Abbildung 6.2-46: Abgrenzung Standort BLB (blau), näherer Betrachtungsraum (blau gestrichelt) und Quartiersumgriff der städtebaulichen Untersuchung (© STB)

### Flächennutzung und Flächenpotenziale

Der Standort selbst befindet sich innerhalb eines universitären Gebäudekomplexes mit Forschungshallen und Büros. Südlich und östlich grenzen weitere universitäre Einrichtungen an. Westlich grenzen Wohnnutzungen und ein Kloster unmittelbar an den Standort an. Im Bereich der universitären Einrichtungen befinden sich viele oberirdische Stellplatzanlagen.

Im Umfeld schließen sich nach Norden Einfamilienhausbereiche an. Nach Süden, südlich der Hans-Sommer-Straße befinden sich verdichtete Wohnquartiere, die Richtung Westen in gemischte Innenstadtlagen mit Wohnen und dem Campus der TU Braunschweig übergehen. Nordwestlich ist das Umfeld stärker gewerblich geprägt. Teilweise werden die gewerblichen Bereiche jedoch bereits zu Wohnen umgewandelt.

Der Anteil an Grün- und Aufenthaltsflächen ist gering.



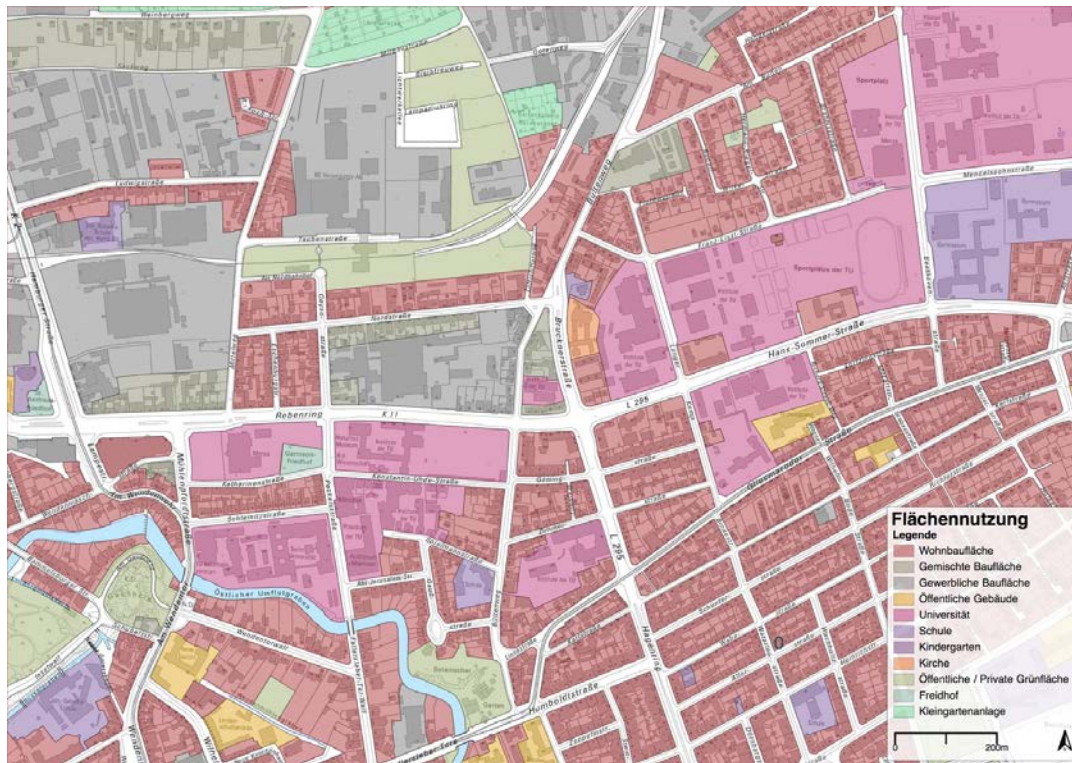


Abbildung 6.2-47: Darstellung der unterschiedlichen realen Flächennutzungen im Umfeld der BLB (© STB)



Abbildung 6.2-48: Darstellung der PKW-Stellplätze im Umfeld der BLB (© STB)

## Bauliche Einfügung

Der Standort an der Straße Langer Kamp ist Teil eines universitären Campusbereiches mit großmaßstäblichen Nutzungen und einer verdichteten bis zu sechs-geschossigen Bebauung. Nach Norden erfolgt ein relativ unvermittelter Übergang in ein Wohngebiet mit ein- bis zweigeschossiger Einzelhausbebauung. Westlich angrenzend befindet sich drei- bis viergeschossiger Geschosswohnungsbau der Nachkriegszeit in Zeilenbauweise. Diese Wohnbebauung grenzt unmittelbar an das



Grundstück der BLB an. Einen Sonderbaustein stellt das westlich angrenzende Kloster mit dem Kirchenbau und Kirchturm als Landmarke dar.

### Bauplanungsrecht

Der Flächennutzungsplan setzt eine Sonderbaufläche (für Universität) für den Standort fest. Westlich und südlich angrenzend schließen Wohnbauflächen an. Im Umfeld des Standortes befinden sich mehrere Bebauungspläne mit Festsetzungen zur Art und zum Maß der baulichen Nutzung. Als Nutzungsarten sind unter anderem Sonder- (SO), Misch-(MI), sowie allgemeine (WA) und reine Wohngebiete (WR) festgesetzt. Aus jeder Gebietsfestsetzung (vgl. BauNVO) ergeben sich spezifische Lärmgrenzwerte, die Einfluss auf die Entwicklungsmöglichkeiten der Fabrik haben (vgl. DIN 18005). Insbesondere das reine Wohngebiet nördlich des Standortes stellt hohe Schutzanforderungen.

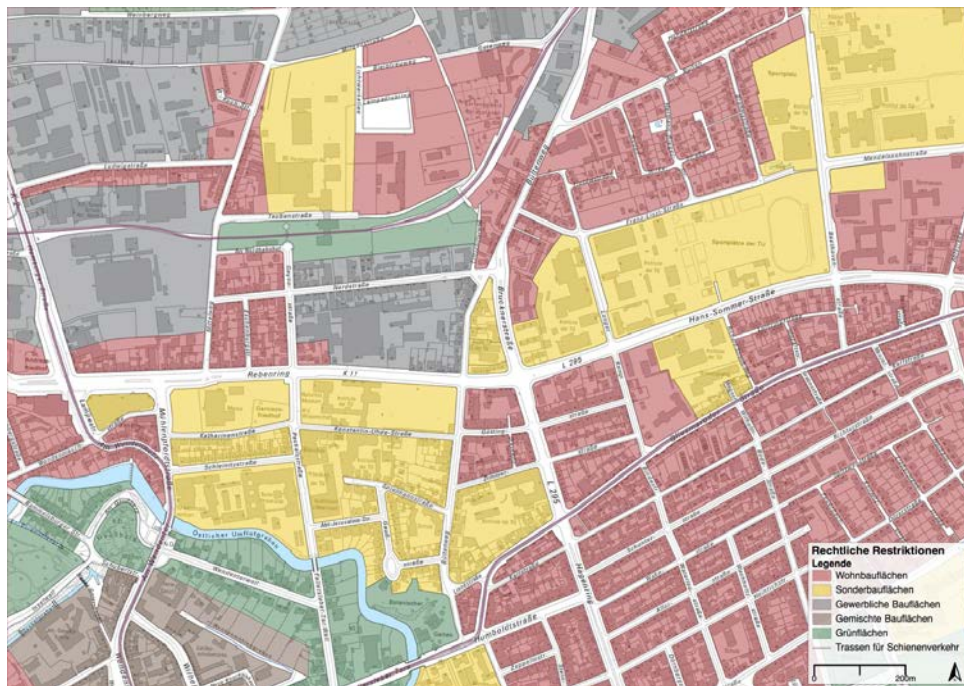


Abbildung 6.2-49: Darstellung der Nutzungsfestsetzungen des Flächennutzungsplanes im Umfeld der BLB (© STB)

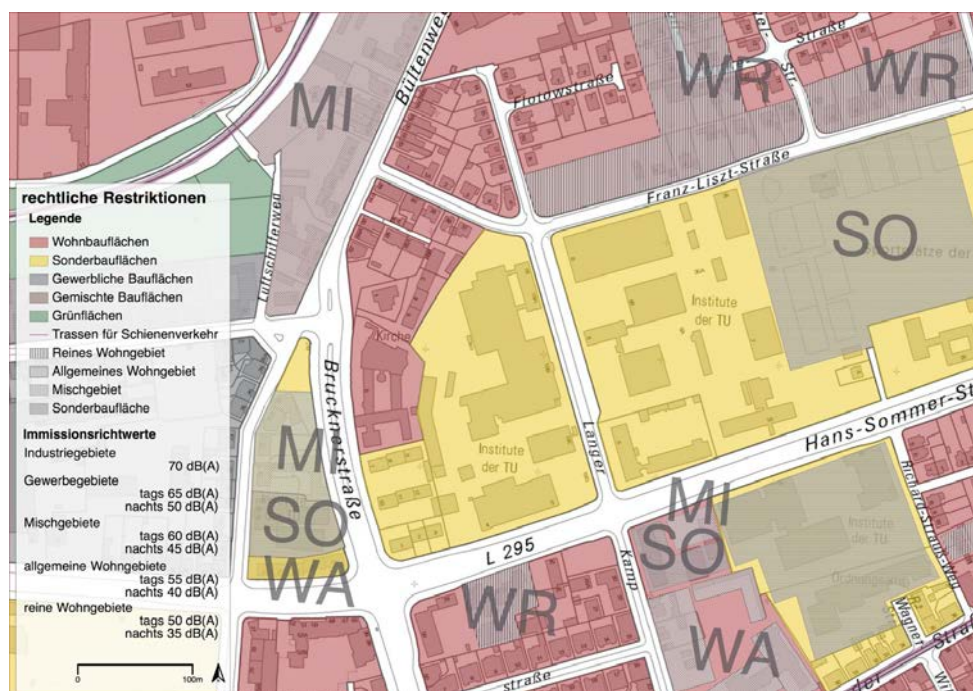


Abbildung 6.2-50: Darstellung der planungsrechtlichen Nutzungsfestsetzungen des Flächennutzungsplanes und der Bebauungspläne im Umfeld der BLB (© STB)

## **Erschließungsstruktur**

Der Standort ist über die Straße Langer Kamp an das übergeordnete Straßennetz angeschlossen. Aufgrund der innenstadtnahen Lage ist der Standort mit mehreren Buslinien gut an das öffentliche Verkehrsnetz angeschlossen.

## **Defizite und Potenziale aus städtebaulicher Sicht**

Aus städtebaulicher Sicht bestehen Defizite und Risiken in der engen Nachbarschaft des Fabrikstandortes mit Wohnnutzungen. Hierbei spielt zum einen die unmittelbar angrenzenden Wohngebäude mit Blick auf die Fabrik als auch die baurechtlich als Reines Wohngebiet ausgewiesenen Flächen, aufgrund der damit einhergehenden Emissionsschutzansprüche eine Rolle. Der geringe Anteil an öffentlich zugänglichen Frei- und Grünflächen im Quartier stellt ein Defizit des Standortes dar.

Aus der engen Nachbarschaft und der innenstadtnahen Lage entstehen Austauschpotenziale mit vielfältigen Nutzergruppen. Ein großes Flächenpotenzial stellen die vielen oberirdischen Stellplatzanlagen dar.

## **Ableitung von Einzelmaßnahmen**

Aufgrund der bestehenden Defizite und Potenziale lassen sich Maßnahmen in zwei Bereichen ableiten:

- ▶ Faktor Mensch – Verhinderung und Auflösung von potenziellen Konflikten zwischen Anwohnern und Fabrik
- ▶ Faktor Fläche - Austausch und gemeinsame Nutzung von Flächen

Hieraus ergeben sich folgende Maßnahmen:

- ▶ Zeitversetzte Nutzung gewerblicher Parkplatzflächen
- ▶ Offene Werkstatt
- ▶ Nachbarschaftsverträgliches Baustellenmanagement
- ▶ Emissionsschutzrundgang/-workshop mit der Nachbarschaft
- ▶ Fassadenbegrünung
- ▶ Nachbarschaftsverträgliches Lieferzeitenkonzept
- ▶ Fassadengestaltung (baulich)
- ▶ Bauschildinformation
- ▶ Baustellenführung
- ▶ Tag der offenen Tür
- ▶ Schaufenster in die Fabrik
- ▶ Erholungsflächen zur Verfügung stellen
- ▶ Fassadengestaltung (farblich)
- ▶ Beleuchtungskonzept
- ▶ Dachbegrünung
- ▶ gepflegte Grünanlagen
- ▶ Instandhaltung Gebäudehülle

## **6.2.2 BLB: Potential- und Einflussanalyse**

Aus den detaillierten Analysen der einzelnen Disziplinen werden im Anschluss die identifizierten Potenziale und Defizite abgeglichen. Für diesen interdisziplinären Abgleich erfolgt die Zusammenstellung der der Analyseergebnisse auf Ressourcenbasis.



Abbildung 6.2-51: Identifikation von Defiziten und Potentialen des Modellstandorts BLB

Der Bezug zu den für dieses Projekt relevanten acht Ressourcen (Energie, Image/Gestalt, Mensch, Mobilität, Raum/Boden, Recht/Kultur, Stoffe und Wissen) und damit die Loslösung der rein auf Systemebenen bezogenen Vorgehensweise bietet den Vorteil, dass im folgenden Prozess alle Austauschbeziehungen zwischen Fabrik und Stadt strukturiert identifiziert und damit bewertbar gemacht werden. Die Experten der einzelnen Disziplinen erhalten so die Möglichkeit ihren bisherigen Radius bzw. Fokus auf die Bearbeitung ihrer üblichen Systemebenen/ -gruppen zu verlassen und in den interdisziplinären Austausch zu treten. Bisher trennende physische und immaterielle Bereiche können zur Erreichung der Ziele der Anpassung urbaner Fabriken überwunden werden.

Tabelle 6.2-10 ordnet entsprechend die von den Disziplinen identifizierten Potenziale (Spalte 1) nach Ressource (Spalte 2) zu. Sie gibt an, ob diese Potenziale in den Händen der Akteure auf Seiten der Stadt oder Fabrik liegen (Spalte 3) und unterscheidet, ob hier ein Bedarf oder ein Angebot besteht (Spalte 4). Es wird angegeben mithilfe welcher Analysemethode dieses Potenzial identifiziert werden konnte (Spalte 5).

	Potenzial	Ressource	Akteur auf Seiten der...	Ausprägung	Analyse
1	Abwärme	Energie	Fabrik	Angebot	Energieflussanalyse
2	Elektrische Energie	Energie	Fabrik	Bedarf	Energieflussanalyse
3	Wärmeenergie	Energie	Fabrik	Bedarf	Energieflussanalyse
4	Energiebedarfsglättung	Energie	Fabrik	Bedarf	Energieflussanalyse
5	Wärmeenergie	Energie	Stadt	Bedarf	Quartiersenergieanalyse
6	Elektrische Energie	Energie	Stadt	Bedarf	Quartiersenergieanalyse
7	Energiebedarfsglättung	Energie	Stadt	Bedarf	Energieflussanalyse
8	Positive Gestalt	Gestalt	Fabrik	Angebot	Ortsanalyse
9	Wissenschaftliches Renommee	Image/Gestalt	Fabrik	Angebot	Ortsanalyse
10	Adressbildung	Image/Gestalt	Fabrik	Bedarf	Ortsanalyse
11	Identifikationspunkt	Image/Gestalt	Fabrik	Bedarf	Ortsanalyse
12	Imagebildung	Image/Gestalt	Fabrik	Bedarf	Workshop
13	Zeichenhaftigkeit	Image/Gestalt	Stadt	Angebot	Ortsanalyse
14	Gestaltungsqualität	Image/Gestalt	Stadt	Bedarf	Workshop
15	Arbeitskräfte	Mensch	Fabrik	Bedarf	Produktionssystemanalyse
16	Erholung	Mensch	Fabrik	Bedarf	Befragung
17	Versorgung/Konsum	Mensch	Fabrik	Bedarf	Befragung
18	Außenraumstrukturierung	Mensch	Fabrik	Bedarf	Befragung
19	Verbesserungsvorschläge	Mensch	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse
20	Arbeitskräfte	Mensch	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse
21	Erholung	Mensch	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse



22	Versorgung/Konsum	Mensch	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse
23	Vertrauen	Mensch	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
24	Lärmschutz	Mensch	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
25	Sichtschutz	Mensch	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
26	Sicherheit	Mensch	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
27	Durchlässigkeit Umgebung	Mobilität	Fabrik	Bedarf	Befragung
28	Radwege	Mobilität	Fabrik	Bedarf	Befragung
29	Nahmobilität	Mobilität	Fabrik	Bedarf	Befragung
30	Verkehrsführung	Mobilität	Fabrik	Bedarf	Workshop
31	Durchwegung	Mobilität	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
32	Radwege	Mobilität	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
33	Verkehrsführung	Mobilität	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
34	Freiflächen	Raum/Boden	Fabrik	Angebot	Ortsanalyse
35	Dachflächen	Raum/Boden	Fabrik	Angebot	Ortsanalyse
36	Fassadenflächen	Raum/Boden	Fabrik	Angebot	Ortsanalyse
37	Arbeitsraum	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Produktionssystemanalyse
38	Sozialraum	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Befragung
39	Grünfläche	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Befragung
40	Sozialraum	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Befragung
41	Anlieferflächen	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Ortsanalyse
42	Entsorgungsflächen	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Ortsanalyse
43	Parkflächen/ Fahrradstände	Raum/Boden	Fabrik	Bedarf	Befragung
44	Parkflächen/ Fahrradstände	Raum/Boden	Stadt	Angebot	Ortsanalyse
45	Erholungsflächen	Raum/Boden	Stadt	Angebot	Ortsanalyse
46	Dachflächen	Raum/Boden	Stadt	Angebot	Ortsanalyse
47	Wohnraum	Raum/Boden	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse
48	Parkflächen/ Fahrradstände	Raum/Boden	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
49	Planungssicherheit	Recht/Kultur	Fabrik	Bedarf	Workshop
50	Einbindung in Nachbarschaft	Recht/Kultur	Fabrik	Bedarf	Workshop
51	Bau- und Planungsrecht	Recht/Kultur	Stadt	Angebot	Workshop
52	Nachbarschaftsnetzwerk	Recht/Kultur	Stadt	Angebot	Workshop
53	Rohstoffe	Stoffe	Fabrik	Bedarf	Stoffstromanalyse
54	Hilfs- und Betriebsstoffe	Stoffe	Fabrik	Bedarf	Stoffstromanalyse
55	Li-Ionen-Batterien für Recycling	Stoffe	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse
56	Wissen (Batterie-)Produktion	Wissen	Fabrik	Angebot	Workshop
57	Informationen	Wissen	Fabrik	Angebot	Workshop
58	Wissen/Kompetenzen	Wissen	Stadt	Angebot	Quartiersanalyse
59	Informationen	Wissen	Stadt	Bedarf	Quartiersanalyse
60	Transparenz	Wissen	Stadt	Bedarf	Workshop
61	Wissen Batterieproduktion	Wissen	Stadt	Bedarf	Workshop

Tabelle 6.2-10: Potenziale zur Steigerung der Ressourceneffizienz der BLB

Der Umfang der Tabelle mit aktuell 61 Potentialen für das BLB verdeutlicht, dass die ursprünglich sehr eingeschränkten Möglichkeiten der Einzeldisziplinen in Produktion, Industriebau, Verkehr/Logistik, Energiedesign und Städtebau sich im interdisziplinären Diskurs vervielfacht haben. Besonders die Ausweisung, ob es sich bei den jeweiligen Potentialen um ein Angebot oder einen Bedarf handelt und welcher Seite (Fabrik oder Stadt) dieser Impuls zugeordnet werden kann, ist von zentraler Bedeutung für die folgenden Prozesse. Sie dienen der Steigerung

- ▶ der Kommunikationsfähigkeit,
- ▶ der Kreativität,

- ▶ der Aktivierung der Schlüsselakteure und
- ▶ dem Verständnis für Sichtweise der beteiligten Akteure.

Die Initiierung bzw. Optimierung dieser Mechanismen ist somit zwingend notwendiger Bestand der Systematik, um im nachfolgenden Schritt die jeweiligen Potentiale in tatsächlich umsetzbare Maßnahmen zu überführen.

### 6.2.3 BLB: Maßnahmenkatalog

Die identifizierten Potentiale (siehe Tabelle 6.2-10) bilden die Basis für die Ableitung von Maßnahmen, mit denen die identifizierten Potentiale gehoben und so die Anpassung der Battery LabFactory und des umgebenden Quartiers gelingen kann.

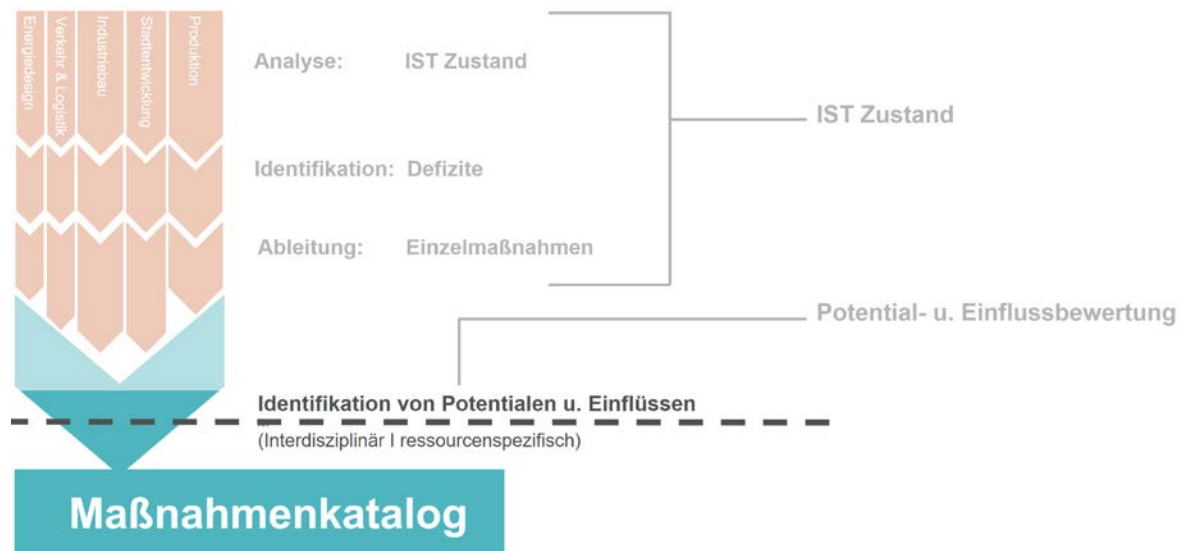


Abbildung 6.2-52: Maßnahmen für den Modellstandort BLB

Tabelle 6.2-11 fasst alle auf Basis der Potenzialanalyse entwickelten Maßnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz der BLB und des umliegenden Quartiers zusammen.

Eine Vielzahl der aus Potentialen oder Bedarfen abgeleiteten Maßnahmen basieren auf einem klassischen Angebots- und Bedarfsausgleich. Für die BLB wird dieser Austausch insbesondere durch die große Freifläche auf dem Werksgelände ermöglicht. So könnte die Freifläche temporär oder in Teilen auch dauerhaft für die Deckung des Bedarfs an Pkw- und Fahrradparkflächen, die Einrichtung von Grün-, Aufenthalts- und Erholungsflächen genutzt werden.

Es wird auch deutlich, dass einige Maßnahmen aus singulären Angeboten bzw. Bedarfen entwickelt werden. Dies basiert z.B. auf dem generellen Bedarf der BLB an Akzeptanz durch das umgebende Quartier. Unter der Annahme, dass alle vorgeschlagenen Maßnahmen die Akzeptanz der BLB im Quartier erhöhen, findet so dennoch ein Ausgleich von Angebot und Bedarf statt.

Die folgende Tabelle verdeutlicht, wie sich aus Potentialen (Angebote | Bedarfe) der konkrete Maßnahmenkatalog entwickelt.

Potentiale (Angebote   Bedarfe)	Maßnahme (interdisziplinär und ressourcenspezifisch)
Angebot an Freifläche Bedarf an Parkfläche	Zeitversetzte Nutzung von Freiflächen als Parkplatzflächen
Angebot an Freifläche	Mehrwecknutzung der Freifläche bei Veranstaltungen ("Shared Spaces") der Hoffläche
Bedarf an Lärmschutz	Passiver Lärmschutz und Schallreduzierung der TGA
Bedarf an Luftreinhaltung	Hochtemperatur-Abluftbehandlung



Bedarf Emissionsschutz Bedarf an Transparenz	Emissionsschutzrundgang/-workshop mit Nachbarschaft
Bedarf an positivem, baulichem Auftritt	Instandhaltung Gebäudehülle
Angebot an Fassadenfläche	Fassadengestaltung (farblich)
Angebot an Fassadenfläche	Fassadengestaltung (baulich)
Bedarf an Sicherheit (Abendstunden / Nacht)	Beleuchtungskonzept
Angebot an Fassadenfläche Bedarf an Gestaltung, Bedarf an Grünflächen	Fassadenbegrünung
Angebot an Dachfläche Bedarf an Grünflächen	Dachbegrünung
Angebot an Freifläche Bedarf an Grün-, Aufenthalts- und Erholungsflächen	Anlegen und Pflege von Grün-, Aufenthalts- und Erholungsflächen
Angebot an Parkfläche Bedarf an Alternativen für die Nahmobilität am Campus	Einrichtung eines Bike-Sharings am Campus
Angebot an Freifläche Bedarf an Fahrradabstellmöglichkeiten	Abstellmöglichkeiten für Fahrräder
Bedarf an Energie für die Fabrik	Verbesserung durch Energieanalyse
Bedarf an Rohmaterialien und Halbzeugen für die Produktion	Verbesserung durch Materialflussanalyse
Bedarf an Hilfs- und Betriebsstoffen für die Produktion	Reduktion von Hilfs- und Betriebsstoffen
Angebot von genutzten Batteriemodulen im Quartier	Verarbeitung von Abfallstoffen aus dem Quartier
Bedarf an Verkehrsberuhigung, -strukturierung und Lärmschutz	Nachbarschaftsverträgliches Lieferzeitenkonzept
Bedarf an Verkehrsberuhigung, -strukturierung und Lärmschutz	Abstimmung von Bestellzeitpunkten (bei Mengenwachstum im Wareneingang)
Bedarf an Verkehrsberuhigung, -strukturierung und Lärmschutz	Einfahrtsverbote für Lkw, Fahrzeugleitsystem, Informationsbereitstellung
Bedarf an Verkehrsberuhigung, -strukturierung und Lärmschutz	Nachbarschaftsverträgliches Baustellenmanagement
Bedarf an Informationen im Quartier	Bauschildinformation
Bedarf an Informationen und Transparenz im Quartier	Baustellenführung
Bedarf an Informationen und Transparenz im Quartier	Tag der offenen Tür
Bedarf an Informationen und Transparenz im Quartier	Schaufenster in die Fabrik
Angebot von Maschinen und Anlagen in der Fabrik	Offene Werkstatt
Bedarf an Informationen und Transparenz im Quartier	Werksführungen
Bedarf an Informationen und Transparenz im Quartier	Informationsbereitstellung zu Produktion, Fabrik, Prozessen und globalen Zusammenhängen
Angebot an vielen Energiequellen und Bedarf an deren Management	Lastmanagement
Angebot an nicht genutzter Energie und Bedarf an Glättung der Stromspitzen und -Senken	Stromspeicher
Angebot an regenerativen Energien in Verbindung mit Dachflächen	Photovoltaik und Solarthermie
Bedarf an Umweltschutz und Energieeinsparung	Energetische Emissionsreduktion
Angebot an nicht genutzter Energie	Überschüssige Energie

Tabelle 6.2-11: Maßnahmenkatalog zur Erhöhung der Ressourceneffizienz der BLB und des Quartiers

Der beschriebene fundamental bedeutsame Diskurs der Einzeldisziplinen führte im Falle des BLB zu dieser hohen Zahl an möglichen Einzelmaßnahmen zur Anpassung von Quartier und Fabrik. Die Gespräche waren durch einen respektvollen Umgang und das Aktivieren eines hohen kreativen Potentials gekennzeichnet. Das Wissen um die Expertise und die Umsetzungsfähigkeiten, aber auch das Nutzen der Werkzeuge der Einzeldisziplin (von Zeichnung über Daten bis moderierte Gespräche) kennzeichneten diese Projektphase des Forschungsvorhabens.



Abbildung 6.2-53: Interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Identifikation möglicher Maßnahmen für die BLB

Die Ergebnisse der Workshops wurden protokolliert und in weiteren Gesprächen auf Umsetzungsfähigkeit überprüft. Die folgenden Abbildung 6.2-54 und Abbildung 6.2-55 zeigen beispielhaft die räumliche Verortung einzelner Maßnahmen im umliegenden Quartier und der BLB.

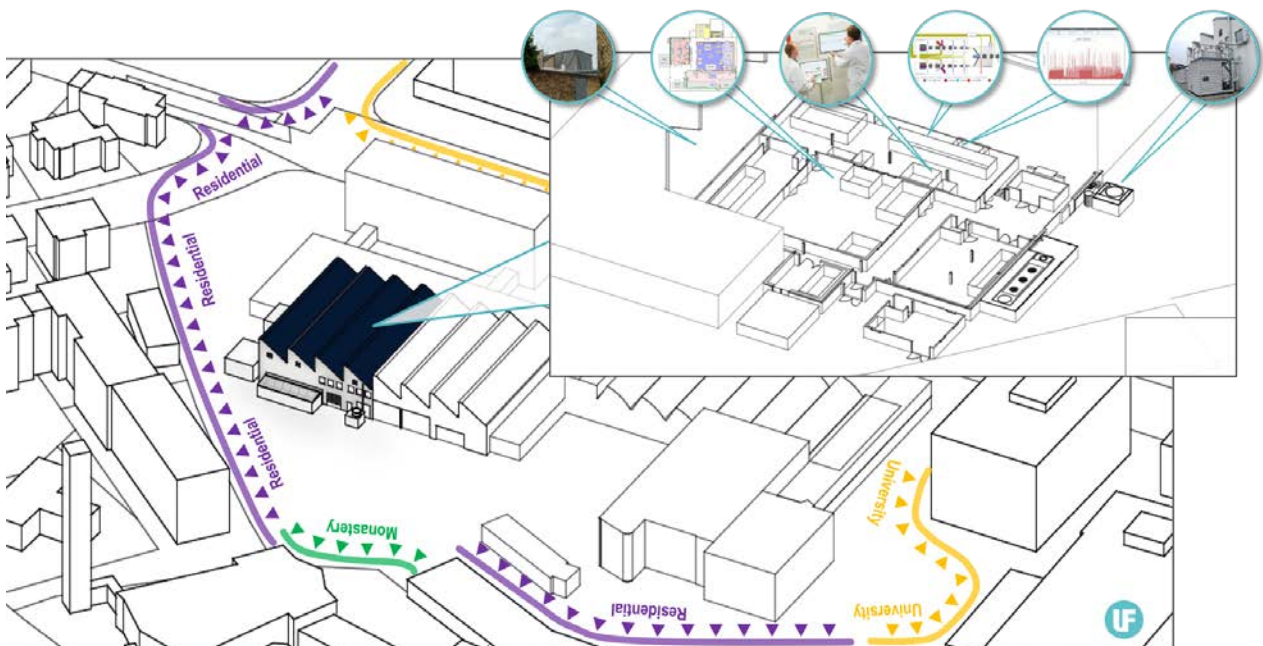


Abbildung 6.2-54: Räumliche Verortung ausgewählter Maßnahmen im Quartier

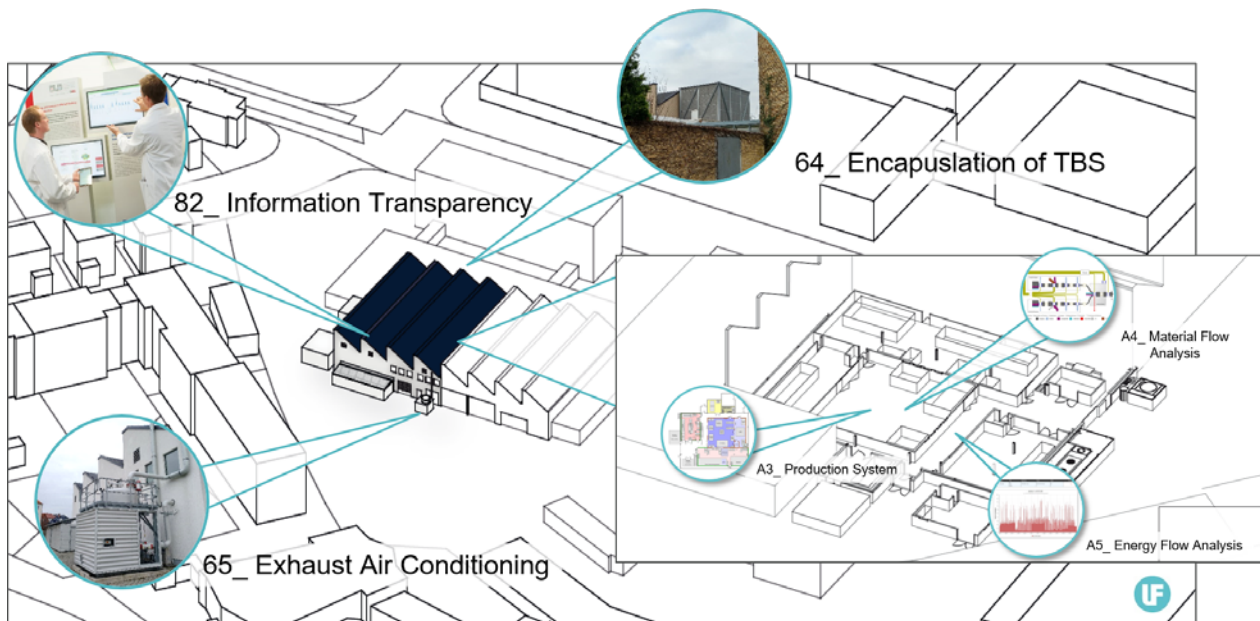


Abbildung 6.2-55: Räumliche Verortung ausgewählter Maßnahmen in der BLB

#### 6.2.4 BLB: SOLL-Zustand

Wird die Schrittfolge aus Analyse der Defizite, Identifikation von Potentialen und im Anschluss der interdisziplinäre Abgleich der Potentiale der Einzeldisziplinen systematisch durchgeführt, kann im letzten Schritt der Systematik die Entwicklung von Szenarien für die Praxis vorgenommen werden.

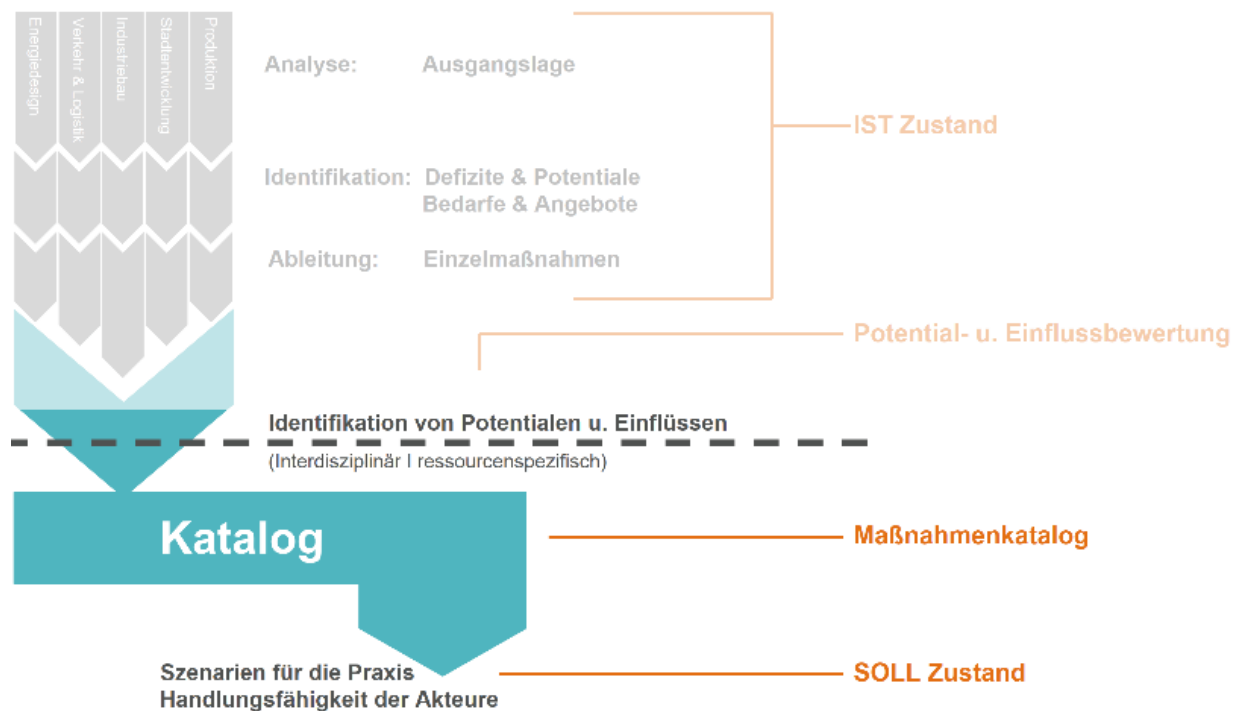


Abbildung 6.2-56: SOLL-Zustand für den Modellstandort BLB

Hier werden einzelfall- bzw. projektabhängig akute oder zukünftige Entwicklungsschritte identifiziert und dazu passenden Methoden ausgewählt. Es gilt die maximale Handlungsfähigkeit der Akteure zu sichern bzw. zu steigern, um den Veränderungsprozessen der Zukunft begegnen zu können.

Über die zur Verfügung stehende Vielzahl möglicher Methoden können die relevanten Akteure, zu aktivierende Ressourcen, zeitliche und räumliche Wirkung sowie Ziele und Herausforderungen identifiziert werden. Je nach Auslegung der Szenarien sind kurz-, mittel-, langfristige Planungszeiträume

im Sinne einer nachhaltigen, koordinierten, aber trotzdem flexiblen Entwicklungsstrategie abbildbar. Diese können bei Bedarf bzw. bei Veränderung der Rahmenbedingungen im Verlauf der Zeit angepasst werden.

Vielfach wurde innerhalb der Untersuchung des BLB ein weiterer wichtiger Aspekt identifiziert. Zur Bearbeitung dieses letzten Schritts ist das Vorhandensein und die aktive Mitarbeit eines initiiierenden Akteurs mit Entscheidungsgewalt bzw. eines Kümmerers notwendig. Im Pilotprojekt Battery LabFactory Braunschweig war diese Voraussetzung nicht gegeben. Daher war die Zusammenstellung eines spezifischen Methodenkatalogs auf eine konkrete Umsetzungsmaßnahme oder die Entwicklung von Szenarien für die langfristige Planung nicht möglich.

Der strukturierte Maßnahmenkatalog steht allerdings in seiner Gesamtheit allen Akteuren zu Verfügung, um zukünftige Entwicklungen hin zu einer ressourceneffizienten Fabrik in der Stadt zu unterstützen.

### 6.2.5 BLB: Zusammenfassung

Das Pilotprojekt der Battery LabFactory Braunschweig hatte großen Anteil an der Erarbeitung der Ergebnisse des Verbundprojekts Urban Factory. Es konnten Wissen und Erfahrungen aus Datenerhebungen, Workshops und Expertengesprächen erhoben werden sowie entwickelte Methoden und Konzepte ausgeführt und evaluiert werden. Eine bauliche Umsetzung von effizienzsteigernden Maßnahmen war auf Grund der speziellen Organisationsform der Battery LabFactory nicht bzw. nur als indirekte Begleitung möglich. Im Rahmen des Pilotprojekts wurden aber zusammenfassend die folgenden wichtigen Erkenntnisse für den Transfer der Forschungsergebnisse gewonnen.

Im funktional durchmischten, unmittelbaren Umfeld konnte eine Vielzahl von aktiven und passiven Akteuren angetroffen werden. Dabei zeigte sich insbesondere ein Unterschied zwischen den innerhalb der Organisationsstruktur der TU Braunschweig als Betreiberin der Produktionsstätte und außerhalb dieser angesiedelten Akteure. Auch in diesen übergeordneten Gruppen konnten sehr unterschiedliche Ziele, Wünsche und Kompetenzen festgestellt werden. Innerhalb der TU Braunschweig zeigte sich die hohe Ausprägung fachlicher Kompetenzen auf verschiedensten Ebenen, deren Entscheidungsspielraum aber sehr eingeschränkt und teilweise unklar war. Das hohe kreative Potential, das eigene Wissen um die Expertise Anderer konnte daher nicht in vollem Umfang zur Problemlösung in Betrieb und Planung aktiviert werden. Mangelnder Willen oder zeitliche Kapazitäten bei baulichen Fachgebieten verhinderten eine detaillierte Auseinandersetzung mit der Thematik der urbanen Produktion und die Umsetzung von baulichen Maßnahmen. Dies wurde auf Grund der deutlichen Abgrenzungen der Zuständigkeiten einzelner, zentralisierter Geschäftsbereich als zusätzlicher Aufwand wahrgenommen.

Von externer Seite konnten Wirkungen und Faktoren identifiziert werden, die auf die Battery LabFactory einwirken und die außerhalb der Beeinflussbarkeit der urbanen Fabrik liegen. Diese Faktoren können die Umsetzung von Maßnahmen zur Erschließung von Effizienzpotenzialen aus der Verbindung der Fabrik mit dem umgebenden Stadtquartier verhindern. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Zukunftsunsicherheit der im System der Forschungsförderung verankerten Battery LabFactory, die Veränderungswillen spürbar hemmt. Der ständige Zeit- und Kostendruck führt teilweise zu unsystematischen, vorschnellen Entscheidungen, wodurch mittel- und langfristige Planungen und Strategien nicht aufgestellt und stringent verfolgt werden können. Die damit einhergehende, hohe Dynamik der wechselnden Produktionsthemen ist ein spezifisches Merkmal. Der historisch gewachsene Vernetzungsgrad der beteiligten Trägerinstitute ist hier ein Vorteil, um die damit verbundene Handlungsschnelle erreichen zu können und im Wettbewerb mithalten zu können. Einschränkungen begründet durch den urbanen Standort hingegen werden nicht vordringlich gelöst, da diese sich außerhalb des Betrachtungsraumes der relevanten Akteure in der Battery LabFactory befinden, obwohl eine stärkere Beachtung der Potenziale der urbanen Integration positive Wirkungen entfalten könnte.

Weiterhin wurde im Laufe des Pilotprojekts festgestellt, dass beeinflussbare Faktoren zum Teil nicht erkannt und proaktiv gelöst wurden. Eine fehlende Sensibilisierung für den Komplexitätsgrad der Battery LabFactory als Produktionsstätte in Händen vieler Akteure mit unterschiedlichen Zielen und Entscheidungskompetenzen hat Effizienzverluste in Entscheidungs- und Umsetzungsprozessen zur Folge. Dies schlägt sich auch in einer mangelnden Strategie für die vorhandenen Potentiale im

Quartier nieder. Es besteht nur ein geringer Wille zur vorgelagerten Kontaktaufnahme. Bei Sanierungsmaßnahmen wird trotz negativer Erfahrung nicht proaktiv auf die Nachbarn zugegangen. Ein Kommunikationsangebot seitens des Verbundprojekts wurde von der Battery LabFactory abgelehnt. Der fehlende partnerschaftliche Ansatz und eine für Außenstehende komplexe Konstellationen mit kaum transparenter Entscheidungsstruktur trifft hier auf die Dynamik der Wirtschaft und des Forschungsförderungssystems und erzeugt so teilweise Misstrauen bei den Anwohnenden.

Als Untersuchungsgegenstand und Evaluationsmöglichkeit für entwickelte Forschungsergebnisse konnte mit der Battery LabFactory als Pilotprojekt ein wichtiger Beitrag geleistet werden. Es konnten insgesamt 61 Austauschpotenziale als Angebote und Bedarfe für die Fabrik und das Quartier ermittelt werden. Daraus resultierte eine hohe Zahl an möglichen Einzelmaßnahmen, die in den Katalog der ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen aufgenommen werden konnten (siehe Anlage Maßnahmenkatalog). Weiterhin konnten Analysemethoden erprobt werden und durch Mitarbeiterbefragungen und strukturierte Interviews allgemeine und ortsspezifische Kenntnisse zu urbanen Fabriken gewonnen werden. Eine weitergehende Projektumsetzung bedarf eines in der Battery LabFactory angesiedelten Moderators, durch den ein lokales Netzwerk gebildet werden kann. Auf Seiten der universitätsinternen Akteure ist dies durch die Instituts- und Fakultätsstruktur gegeben, wird aber gleichzeitig darüberhinausgehend erschwert. Auch eine direkte Einbindung eines kommunalen Partners wurde für die Maßnahmenumsetzung als wichtig erkannt.



### 6.3 Pilotprojekt II: eLastenrad, Dortmund & Mülheim a.d.R.

Das Pilotprojekt eLastenrad, das an den Standorten Dortmund und Mülheim an der Ruhr durchgeführt wurde, untersucht Alternativen zum konventionellen Transport von Waren im städtischen Wirtschaftsverkehr. Ziel des Pilotprojekts ist die Identifikation von Einsatzfeldern und Einsatzgrenzen eines elektrischen Lastenfahrads im städtischen Wirtschaftsverkehr. Insbesondere sollten dazu folgende Forschungsfragen beantwortet werden.

Welche Potenziale bietet das elektrische Lastenrad im städtischen Wirtschaftsverkehr

Welche Einsatzgrenzen ergeben sich im täglichen Gebrauch

Unter welchen Voraussetzungen ist das elektrische Lastenrad eine wirtschaftliche Alternative zum Pkw?

Welches Gutspektrum eignet sich für den Transport mit dem Lastenrad?

Abbildung 6.3-1 zeigt die Vorgehensweise im Pilotprojekt eLastenrad. Im Gegensatz zum Pilotprojekt BLB wurde im Pilotprojekt kein konkreter, urbaner Fabrikstandort betrachtet, sondern lediglich der innerbetriebliche Transport sowie der außerbetriebliche Transport im städtischen Verkehr. Das Pilotprojekt ist demnach disziplinspezifisch und nicht interdisziplinär ausgerichtet, folgt jedoch der einheitlichen Vorgehensweise der Pilotprojekte im Forschungsvorhaben

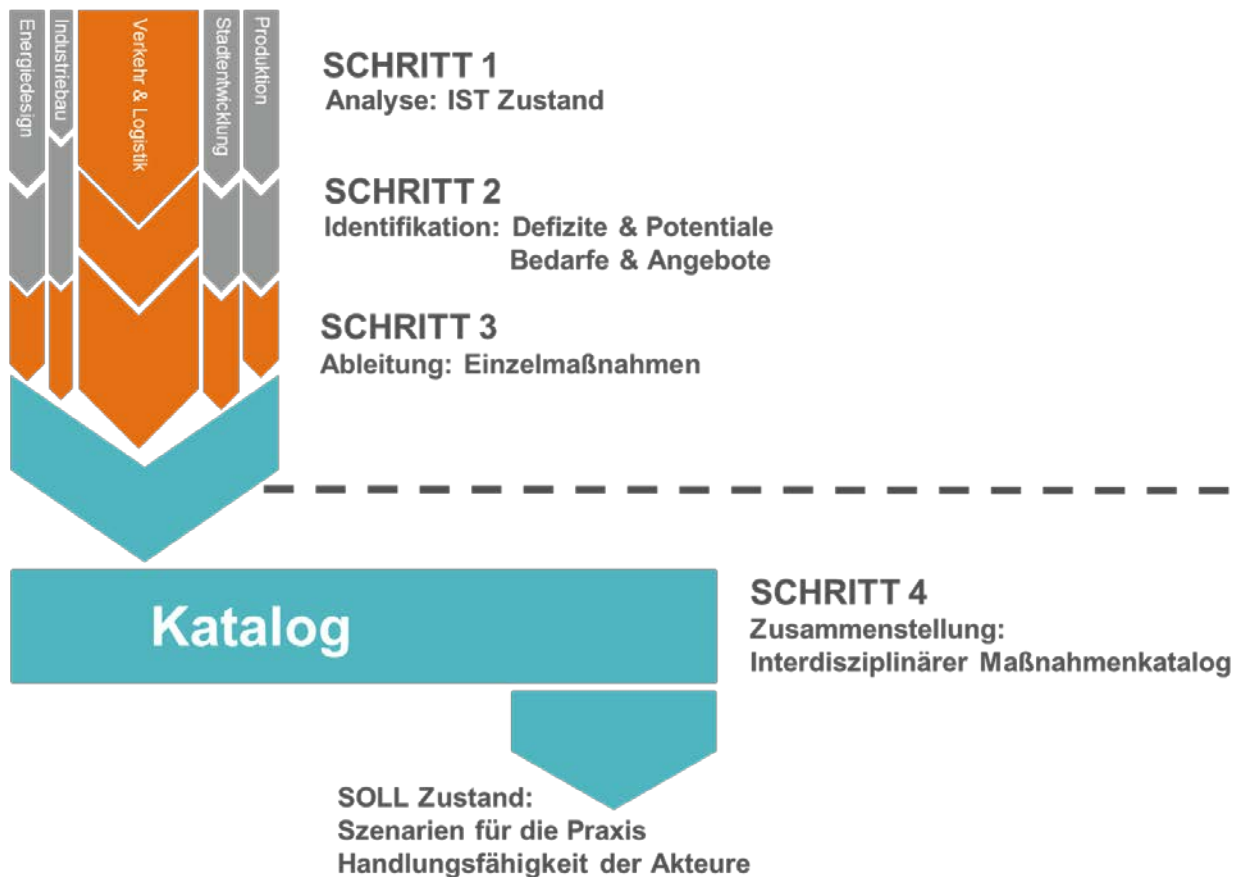


Abbildung 6.3-57: Vorgehensweise im Pilotprojekt eLastenrad

#### 6.3.1 IST Zustand

Um die Einsatzmöglichkeiten des Lastenfahrads im inner- und außerbetrieblichen Güterverkehr identifizieren zu können, wurden Lastenfahräder in zwei Anwendungsfällen getestet. Die PIA-Stiftung für integrierte Standortentwicklung (Mülheim an der Ruhr) repräsentiert dabei exemplarisch den außerbetrieblichen Transport, die Dortmunder Wirtschaftsförderung sowie der Dortmund Airport 21 den innerbetrieblichen Transport. Geplant war der Dortmund Airport 21 als Anwendungspartner für die innerbetrieblichen Transportprozesse vorgesehen. Stellvertretend für Organisationen und Unternehmen im urbanen Raum mit innerbetrieblichen Transportverkehren sollten die Transporte auf dem Gelände des Flughafens untersucht werden. Das Lastenfahrrad wurde nach den Ansprüchen dieses

Partners konstruiert und ist auch einige Zeit dort zum Einsatz gekommen. Durch mangelnde Akzeptanz der Anwender konnten jedoch keine verwertbaren quantitativen Daten erhoben werden. Um Daten für den innerbetrieblichen Transport erheben zu können, wurde das Lastenfahrrad im Einverständnis aller Beteiligten an die Wirtschaftsförderung der Stadt Dortmund übergeben. Der Dortmund Airport 21 wird nichtsdestotrotz durch ein Interview mit dem Koordinator in die Auswertung des Modellversuchs miteinbezogen. Dabei sollen vor allem die Grenzen und die Akzeptanz des Lastenfahrrads ermittelt werden.

Die PIA Stiftung nutzt elektrische Lastenrad als Transportmittel für den Heimlieferservice Shop&Go. In dem Konzept des Heimlieferservices werden Einkäufe von Kunden bei lokal angesiedelten Einzelhändlern abgeholt und anschließend an die Kunden ausgeliefert. Bisher wurden die Auslieferungsfahrten mit einem Pkw bzw. Kleintransporter ausgeführt. Im Rahmen des Pilotprojekts sollen diese Fahrten durch den Einsatz des elektrischen Lastenfahrrads entlastet werden. Dabei soll das Lastenfahrrad abhängig von der Auftragslage mehrmals wöchentlich zum Einsatz kommen. Das Warenspektrum besteht sowohl aus Gebrauchsgütern, wie Elektroartikeln und Bekleidung als auch aus Verbrauchsgütern, wie Lebensmitteln, Medikamenten und Blumen. Schwerpunkt des Heimlieferservices bildet die Auslieferung von Lebensmitteln. Diese werden zu 90% taggleich abgewickelt und in einem Zeitfenster von zwei Stunden nach Bestelleingang bzw. in einem Wunschzeitfenster ausgeliefert. Durch den lokalen Fokus der PIA Stiftung auf Mülheim erfolgen die Lieferungen innerstädtisch mit einer Distanz von bis zu zehn Kilometern. Die große Herausforderung beim Heimlieferservice besteht darin, dass der Umfang des Warenkorbs bis zur Abholung beim Einzelhändler unbekannt ist. Die - im Verhältnis zum Pkw - stark begrenzte Transportkapazität des Lastenfahrrads stellt somit die zentrale Herausforderung für die Nutzung dar. Weiterhin gilt es eine Lösung für den Transport der temperaturempfindlichen Lebensmittel und Medikamente zu finden. Insbesondere die Einhaltung der Lebensmittel- und Hygienevorschriften stehen dabei im Vordergrund.

Im Vergleich dazu setzt die Wirtschaftsförderung das Lastenrad für Hausmeisterdienste ein. Im Vordergrund steht der Transport von Akten und Papeterie. Gelegentlich werden auch Lebensmittel - in Form von belegten Brötchen - sowie Blumen und Pflanzen transportiert. Bisher wurden diese Transporte durch den Hausmeister zu Fuß oder mit den öffentlichen Verkehrsmitteln bewältigt, wodurch die Transportkapazität stark eingeschränkt ist. Die Transportwege erstrecken sich über eine Distanz von ein bis drei Kilometern, die mehrmals wöchentlich zurückgelegt werden. Durch den Einsatz des Lastenrads werden eine kürzere Transportzeit sowie eine Bündelung der Touren und damit eine Minderung der Anzahl der Touren erwartet. Der Schutz der Transportware vor witterungsbedingten Einflüssen sowie die Einhaltung der Hygienevorschriften beim Transport von Lebensmitteln stellen hierbei die zentralen Herausforderungen für diesen Anwendungsfall dar. Durch die geringen Distanzen von bis zu drei Kilometern ist dieser Anwendungsfall mit dem ursprünglichen Fall am Dortmund Airport 21 gut vergleichbar. Da sich die Auslieferungsorte auf sechs (feste) Standorte der Wirtschaftsförderung beschränken, wird trotz des Anwendungsgebietes Dortmunder Innenstadt, von innerbetrieblichen Transportprozessen gesprochen.

Aufgrund der unterschiedlichen Gutcharakteristika sowie der unterschiedlichen Fahrt- und Tourenprofile der beiden Anwendungsfälle kann das elektrische Lastenfahrrad als modale Option für Produzenten und Transporteure von temperatur- und hygienesensiblen Waren sowie paketähnlicher Güter geprüft werden. Um aussagekräftige Erkenntnisse über die Einsatzfähigkeit elektrischer Lastenfahrräder erzielen zu können, wurden die Lastenfahrräder eigens für den Modellversuch anwendungsspezifisch konstruiert. In enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Anwendungspartnern wurden mit der F&A Manufaktur (Dortmund), die auf die Entwicklung und Konstruktion von Fahrrädern spezialisiert sind, zwei Lastenfahrräder entworfen. Die beiden Varianten des elektrischen Lastenrads sind in Abbildung 6.3-2 dargestellt.



Abbildung 6.3-58: Eingesetzte Lastenräder im Pilotprojekt

Die Identifikation von Einsatzfeldern des elektrischen Lastenfahrrads im städtischen Wirtschaftsverkehr ist die zentrale Forschungsfrage des Pilotprojekts. Durch die zuvor genannten Herausforderungen, die im Besonderen durch die Warencharakteristika hervorgerufen wurden, ergeben sich weitere Forschungsfragen, deren Beantwortung die zentrale Zielerreichung unterstützt.

Die nachfolgende Aufzählung stellt eine Übersicht über die relevanten, zu erfassenden Aspekte zur Zielerreichung dar. Neben den ökonomischen und ökologischen Faktoren werden auch soziale sowie rechtliche Faktoren berücksichtigt.

- ▶ Ökonomische Aspekte: Zeitaufwand, Lastaufnahme & Kapazität, Versicherungskosten & Besteuerung, Anschaffungskosten
- ▶ Ökologische Aspekte: CO<sub>2</sub>-Emissionen, Lärmemissionen
- ▶ Soziale Aspekte: Mitarbeiter- & Kundenakzeptanz, Imagewirkung, Gesundheitsaspekte
- ▶ Rechtliche Aspekte: Fahr- und Parkverbote, Führerscheinpflcht, Arbeitsschutz & Sicherheit

Neben diesen Fragen untersucht das Pilotprojekt zudem die (Um-)Gestaltung der Transportprozesse bei Nutzung des Lastenfahrrads.

### 6.3.2 Potential- /Einflussbewertung: Außerbetrieblicher Anwendungsfall

Im Verlauf des Modellversuchs wurden für den außerbetrieblichen Anwendungsfall, der durch die PIA-Stiftung dargestellt wird, sowohl qualitative als auch quantitative Daten erhoben und ausgewertet. Um zu verdeutlichen aus welchen Datenquellen die Ergebnisse gezogen wurden, werden im weiteren Vorgehen zunächst die Ergebnisse der quantitativen Daten und anschließend die der qualitativen Daten aufgeführt.

Zur Abschätzung der Potentiale des Lastenfahrrads wurden die erhobenen GPS-Daten sowie Lieferscheine ausgewertet. Im Untersuchungszeitraum von 210 Erhebungstagen liegen für das Lastenfahrrad Lieferscheindaten von 33 Tagen vor. An diesen 33 Tagen wurden insgesamt 94 Aufträge mit dem Lastenfahrrad ausgeliefert. Daraus berechnet sich eine Anzahl von durchschnittlich 2,84 Aufträgen pro Tag. Für den Pkw liegen Daten von 36 Tagen vor. An diesen Tagen wurden insgesamt 474 Aufträge mittels Pkw ausgeliefert. Somit ergibt sich für den Pkw eine Anzahl von durchschnittlich 13,17 Aufträgen pro Tag. Wird die Gesamtanzahl der Aufträge in diesem Erhebungszeitraum zu Grunde gelegt, liegt der Anteil der Lastenfahrrad-Auslieferungen bei 17%, dementsprechend beträgt der Anteil der Pkw-Auslieferungen 83%. Über die GPS-Daten konnte ermittelt werden, dass das Lastenfahrrad durchschnittlich 13,41 km pro Fahrt zurückgelegt hat. Beim Pkw waren es 60,72 km pro Fahrt. Für diese Entfernungen benötigte das Lastenfahrrad durchschnittlich 58,6 Minuten, während für den Pkw durchschnittlich 136,04 Minuten erforderlich waren. Daraus ergibt sich, dass das Lastenfahrrad für einen Kilometer im Schnitt 4,37 Minuten benötigt. Der Pkw hingegen legt diese Strecke in 2,24 Minuten zurück.

Somit zeigt sich, dass das Lastenfahrrad in diesem Anwendungsfall etwa doppelt so viel Zeit für eine festgelegte Strecke in Anspruch nimmt. Weiterhin konnte den GPS-Daten entnommen werden, dass mit dem Lastenfahrrad eine maximale Entfernung von 30,9 km gefahren wurde. Damit ist die größte zurückgelegte Strecke kürzer als die Reichweite im Idealfall (50 km), sodass eine volle Akkuladung

für diese Fahrt ausreichend ist. Für den Pkw spielen Entfernungen i.d.R. keine Rolle, der Vollständigkeit halber sei hier erwähnt, dass die maximale Entfernung beim Pkw 180,6 km betrug. Diese Unterschiede in den Entfernungen verdeutlichen noch einmal, dass mit dem Pkw wesentlich größere Entfernungen zurückgelegt werden können als mit dem Lastenfahrrad. Die zuvor aufgeführten Leistungsunterschiede werden zudem bei der Geschwindigkeit deutlich. Während das Lastenfahrrad durchschnittlich mit einer Geschwindigkeit von 14,48 km/h gefahren ist, liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit des Pkw bei 27,32 km/h. Maximal sind die beiden Transportmittel mit 57,69 km/h bzw. 137,61 km/h gefahren. Wie bereits erläutert, werden Pedelecs durch einen Elektromotor bis zu einer maximalen Geschwindigkeit von 25 km/h unterstützt. Die dennoch weit höhere Maximalgeschwindigkeit von 57,69 km/h ist hierbei auf eine Bergabfahrt zurückzuführen. Die Auswertung der Lieferscheine brachte hervor, dass im Erhebungszeitraum Daten von 568 Aufträgen vorliegen. Aussagen in Bezug auf die Termintreue sowie das Gutspektrum lassen sich ausschließlich auf Grundlage der Lieferscheine ermitteln, da die GPS-Daten diese Aspekte nicht mitefassen. Für die Einhaltung der Liefertermintreue ergab sich die folgende Tabelle.

	Aufträge	Eingehalten	Nicht eingehalten	Nicht erfasst
<b>Lastenrad</b>	94	64	2	28
<b>Pkw</b>	474	400	29	45
<b>Summe</b>	568	464	31	73

Tabelle 6.3-12: Einhaltung der Liefertermintreue

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass von 568 Aufträgen insgesamt bei 464 Aufträgen die Termintreue eingehalten wurde. Da jedoch in 73 Fällen auf den Lieferscheinen keine Angaben zu der Termintreue gemacht wurden, ist lediglich über 495 Aufträge eine Aussage zu treffen. Somit lässt sich eine Einhaltung der Termintreue in 94% der Fälle festhalten. Erfolgt diese Betrachtung in Bezug auf die einzelnen Transportmittel, beträgt die Einhaltung der Termintreue bei Auslieferungen mit dem Lastenfahrrad 97% und mit dem Pkw 93%. Im direkten Vergleich war, innerhalb des Betrachtungszeitraums, die Liefertermintreue mit dem Lastenfahrrad größer als mit dem Pkw. Das Gutspektrum bzw. der Auslieferungsgrund lässt sich mithilfe der Lieferscheine in die folgenden sechs Kategorien unterteilen: Blumen/Pflanzen, Drogerieartikel, Einkaufsservice, Elektroartikel, Lebensmittel und Medikamente. Beim Einkaufsservice handelt es sich um einen Service, bei dem die Kunden Bestellungen telefonisch aufgeben können, woraufhin die Fahrer für die Kunden sowohl den Einkauf als auch die Auslieferung tätigen.

Das Gutspektrum betreffend dominieren beim Transport mit dem Lastenfahrrad Medikamente mit einem Anteil von 54% der Auslieferungen. Die Lebensmittel stellen mit 36% die nächstgrößte Warengruppe bei der Auslieferung mittels Lastenfahrrad dar. Beim Pkw dominieren ebenfalls die Medikamente und Lebensmittel mit einem Anteil von 27% und 63%. Grund für die hohen Anteile dieser beiden Warengruppen liegt darin begründet, dass diese grundsätzlich zu den am stärksten nachgefragten Waren gehören. Insgesamt verteilen sich die 568 Aufträge auf 58% Lebensmittel-Auslieferungen und 32% Medikamenten-Auslieferungen. Der Einkaufsservice wurde zu 100% mit dem Lastenfahrrad abgewickelt. Die Elektroartikel hingegen wurden ausschließlich mit dem Pkw ausgeliefert. Es wird dabei veranschaulicht, zu welchem Anteil die jeweiligen Güter mit dem Lastenfahrrad bzw. dem Pkw ausgeliefert wurden. Es ist zu berücksichtigen, dass die hohe Verteilung des Gutspektrums zugunsten des Pkw auf den hohen Anteil der Pkw-Auslieferungen in Bezug auf die Gesamtanzahl der Aufträge zurückzuführen ist. So verteilen sich die 586 Aufträge zu 83% auf den Pkw und zu 17% auf das Lastenfahrrad. Zudem konnten über die Lieferscheine Tourenbildungen identifiziert werden. Eine Tour liegt dann vor, wenn der Fahrer nach der Auslieferung beim Kunden nicht zu seinem Startort zurückfährt, sondern zuvor bei einem anderen Kunden oder Händler stoppt und dort Waren ausliefert bzw. aufnimmt. Von den 94 Auslieferungsfahrten per Lastenfahrrad wurden insgesamt 26 Fahrten in 11 Touren zusammengefasst. Die minimale Anzahl an Aufträgen pro Tour betrug dabei zwei, während die maximale Anzahl drei Aufträge pro Tour betrug. In acht Fällen wurden während der Touren ausschließlich Medikamente ausgeliefert. Bei zwei Touren wurden ausschließlich Lebensmittel transportiert und bei einer Tour bestand das Gutspektrum sowohl aus Medikamenten als



auch aus Lebensmitteln. Durch die begrenzte Kapazität des Lastenfahrrads musste bei den Lebensmittel-Touren ein Zwischenstopp beim Händler eingelegt werden. Die nachfolgende Abbildung 6.3-3 zeigt eine solche Lebensmittel-Tour sowie eine Medikamenten-Tour exemplarisch auf.



Abbildung 6.3-59: Exemplarische Lastenrad-Touren

Das Herausarbeiten der Pkw-Touren war erheblich schwieriger als bei den Lastenfahrrad-Touren. Neben der unzureichenden Informationsbereitstellung der Fahrer kam hinzu, dass nur bei 153 Lieferscheinen Angaben zur Pkw-Nummer gemacht wurden. Da das Unternehmen auf zwei Pkw zurückgreifen kann, ist bei den Fahrten ohne Angabe der Pkw-Nummer eine Aussage über mögliche Touren nicht sicher zu treffen. Von diesen 153 Lieferscheinen ließen sich noch knapp 23% zu Touren zusammenfassen. Somit konnten insgesamt 13 Touren identifiziert werden, wovon 10 Touren Pkw 1 und drei Touren dem Pkw 2 zuzuordnen sind. Die maximale Anzahl an Aufträgen pro Tour kann mit sechs beziffert werden, die minimale Anzahl betrug zwei Aufträge pro Tour. Wie auch beim Lastenfahrrad beschränkt sich das Gutspektrum der Touren auf Medikamente und Lebensmittel. Während der Touren wurden ausschließlich Medikamente bzw. ausschließlich Lebensmittel transportiert. Lediglich bei einer Tour wurden verschiedene Güter zusammen ausgeliefert.

Um die Wirtschaftlichkeit der beiden Transportoptionen, elektrisches Lastenfahrrad und Pkw, beurteilen zu können, wurden zudem die Kosten/100 km berechnet. Zur Auslieferung der Aufträge stehen dem Unternehmen drei Pkw zur Verfügung. Zum einen werden zwei Dacia Dokker genutzt. Einer der Wagen wird mit Autogas (LPG, Liquefied Petroleum Gas), der andere mit Benzin betrieben. Zum anderen verfügt das Unternehmen für die kleine Postrunde über einen Renault Trafic, welcher mit Diesel betrieben wird. Zur Berechnung des Verbrauchs erfolgte eine Recherche zu den durchschnittlichen Treibstoffkostenpreisen. Dazu wurden im Fall des elektrischen Lastenfahrrads die Strompreise für Privathaushalte verwendet. Es ist anzunehmen, dass die Preise für Unternehmen noch geringer ausfallen, sodass hier eine Annahme zu Ungunsten des Fahrrads getroffen wurde. Im Fall der Pkw konnten die Angaben des Verbrauchs pro 100 km auf den Herstellerseiten nachgeschlagen werden. Dabei bildet der kombinierte Verbrauch die Grundlage. Weiterhin wurden zur Berechnung die Angaben der jeweils aktuellsten Modelle der Hersteller herangezogen, sodass in diesen Fällen Annahmen zugunsten der Pkw getroffen wurden. Der Verbrauch des elektrischen Lastenfahrrads liegt nach Herstellerangaben bei 400 Wattstunden auf 50 km. Eine Übersicht über die Transportmittel, deren Kraftstoff, die Kraftstoffpreise, den Verbrauch pro 100 km sowie die berechneten Kosten pro 100 km sind Tabelle 6.3-2 zu entnehmen.

Fahrzeug	Kraftstoff	☉ Kraftstoffpreis	Verbrauch	Kosten
Dacia Dokker	LPG	0,6 €/l	6,8 l/100 km	4,08 €/100 km
Dacia Dokker	Benzin	1,53 €/l	6,8 l/100 km	10,40 €/100 km
Renault Trafic	Diesel	1,43 €/l	6,0 l/100 km	8,58 €/100 km



Lastenrad	Strom	0,29 €/l	0,8 kWh/100 km	0,23 €/100 km
-----------	-------	----------	----------------	---------------

Tabelle 6.3-13: Berechnung der Transportkosten pro 100 km

Es wird deutlich, dass das elektrische Lastenfahrrad mit 0,23€/100 km das günstigste Transportmittel ist. Besonders vor dem Hintergrund, dass die Annahmen Zugunsten der Pkw und zu Ungunsten des Lastenfahrrads getroffen wurden sticht das Lastenfahrrad heraus. Mit 4,08€/100 km ist der LPG betriebene Dacia Dokker das zweitgünstigste Transportmittel. Der Benziner ist mit einem mehr als doppelt so hohen Preis pro 100 km die kostenintensivste Alternative. Die relevantesten Erkenntnisse aus der GPS-Daten- und Lieferschein-Auswertung werden in Tabelle 6.3-3 noch einmal zusammengefasst.

Input	Lastenrad	Pkw
Anzahl Aufträge insgesamt	568	
Anzahlten Datentage Lieferscheine	33	30
Anzahl Datentage GPS-Daten	29	30
□ Anzahl Aufträge pro Tag	2,84	13,16
Minimale Anzahl Aufträge pro Tag	1	2
Maximale Anzahl Aufträge pro Tag	9	26
Anteil ausgelieferter Aufträge	17%	83%
Zurückgelegte Strecke pro Fahrt	13,41 km	60,72 km

Tabelle 6.3-14: Ergebnisse der Lieferschein- und GPS-Daten-Auswertung

Neben der beschriebenen quantitativen Erhebung wurde eine qualitative Erhebung durchgeführt. Diese basiert auf Leitfadeninterviews mit den Anwendern.

### *Einschätzung vor der Nutzung*

Die Motivation zur Teilnahme an dem Modellversuch lag bei allen drei Befragten an einem persönlichen Interesse. Die Koordinatoren halten das Lastenfahrrad innerorts für eine gute Alternative zum Pkw und wollten ihre Einschätzung durch das Pilotprojekt bestätigen. Beim Anwender kam hinzu, dass dieser durch die Nutzung des Lastenfahrrads zu einem eigenständigen Fahrer geworden ist. Zudem war der persönliche Kundenkontakt ein treibender Faktor um sich freiwillig als Fahrer zu melden. In seinem bisherigen Arbeitsalltag war der Anwender überwiegend für die telefonische Auftragsannahme verantwortlich. Da er keinen Führerschein besitzt, konnte er keine Aufträge selbstständig ausliefern und gewann einzig durch eine Mitfahrt bei Kollegen im Pkw einen Einblick in die Abläufe der Auslieferung. Durch die langen Distanzen kommt in diesem Fall auch keine Auslieferung zu Fuß in Frage, sodass die Nutzung des Lastenfahrrads diesem Mitarbeiter eine neue Perspektive im Arbeitsalltag ermöglicht hat. Bei den Erwartungen vor der ersten Fahrt bzw. vor Teilnahme an dem Modellversuch waren die Antworten sehr unterschiedlich. Seitens der Koordinatoren waren die Erwartungen vornehmlich eine Effizienzsteigerung sowie eine schnellere Auslieferung. Weiterhin gingen die Koordinatoren von einer Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes aus. Der Anwender ist der Nutzung mit gemischten Gefühlen begegnet, die weniger Erwartungen, sondern vielmehr Bedenken darstellen. Besonders herausgehoben hat er dabei Bedenken zum direkten Kundenkontakt sowie der Nutzung des Lastenfahrrads im öffentlichen Verkehr.

### *Persönlicher Background*

Alle drei Befragten hatten keine Vorkenntnisse in Bezug auf Lastenfahrräder und sind auch bis dato noch nicht mit einem (elektrischen) Lastenfahrrad gefahren. Bekannt waren ihnen Lastenfahrräder vornehmlich durch die Medien. Der Anwender ist in seinem privaten Umfeld sehr fahrradaffin. Durch den Umstand, dass er keinen Führerschein besitzt, ist er in seinem Alltag durch das Fahrrad mobil. Zur eigenen Sicherheit trägt er sowohl privat als auch im Arbeitsumfeld einen Helm.

### *Erfahrungsberichte nach der Nutzung*

In dieser Kategorie lag der Schwerpunkt auf den Startschwierigkeiten, der Veränderung des Arbeitsalltags, dem Sicherheitsgefühl, der Grenzen und Möglichkeiten sowie auf einer Einschätzung inwiefern sich die Erwartungen bzw. Bedenken erfüllt oder bewahrheitet haben. Zum Thema Startschwierigkeiten gaben alle drei an, dass es zunächst sehr gewöhnungsbedürftig sei ein solches,

elektrisches Lastenfahrrad zu fahren. Selbst der fahrradaffine Anwender hatte zu Beginn ein gewisses Unsicherheitsgefühl beim Fahren. Dies liegt unter anderem an seiner Körpergröße von

etwa 1,95 m. Weiterhin gaben die Koordinatoren zu bedenken, dass neben den anfänglichen Startschwierigkeiten auch ein gewisser Zeitdruck (Einhaltung eines zweistündigen Lieferzeitfensters) für Schwierigkeiten beim Fahren sorgen kann. Nachdem die Unsicherheiten zu Beginn durch eine gewisse Fahrpraxis beseitigt werden konnten, fühlt sich der Anwender mit dem elektrischen Lastenfahrrad genauso sicher wie mit einem herkömmlichen Fahrrad. Der Projektentwickler der Radstation gab an, dass es Mut brauche, um auf der Straße zu fahren. Dabei bezog er sich allerdings auf den Radverkehr im Raum Mülheim im Allgemeinen. Durch schlecht ausgebaute Radwege und eine mangelnde Kennzeichnung von Radwegen sei das Fahrradfahren in Mülheim (besonders auf den Straßen) sehr unsicher. Wie bereits erwähnt, hat sich der Arbeitsalltag durch die Nutzung des Lastenfahrrads seitens des Anwenders stark verändert. Die Abläufe für das Unternehmen haben sich durch die Eingliederung des Lastenfahrrads in ihren Fuhrpark dagegen kaum geändert. Hervorgehoben wurde hierbei jedoch, dass die geringe Kapazität der Lastaufnahmeeinrichtung gelegentlich zu Problemen führen kann. Insbesondere bei den Lebensmittellieferungen ist der genaue Warenumfang im Voraus nicht bekannt, sodass erst beim Händler festgestellt werden kann, ob die Kapazität des Lastenfahrrads ausreicht. In manchen Fällen stellte sich dabei heraus, dass das Rad für die Auslieferung ungeeignet ist, da der Warenumfang die Kapazität der Transportbox überschritt. Daraus ergeben sich unmittelbar die angesprochenen Grenzen des Lastenfahrrads. Die stark begrenzte Kapazität der Transportbox sowie die Reichweite waren dabei die stärksten Argumente. Die grundlegenden Eigenschaften der Güter sind ebenfalls ein wichtiger Aspekt den es zu berücksichtigen gilt. Durch die Größe der Transportbox spielt das Volumen sowie das Gewicht der Güter eine entscheidende Rolle bei der Transportmittelauswahl. Auch die Bündelung von Aufträgen ist durch die eingeschränkte Kapazität nicht immer möglich. Neben den bereits erwähnten Kodierungen wurden auch die Punkte Fahrwege und elektrische Unterstützung angesprochen. Der Anwender gab an, dass er im täglichen Gebrauch bei der Auswahl der Fahrwege besonders auf Schnelligkeit achtet. Obwohl er überwiegend auf der Straße fährt, weiß er die Vorteile der Radwegnutzung sowie das verkehrsgegenläufige Befahren von Einbahnstraßen zu schätzen. Auch gab er an, dass die Nutzung kürzerer Wege durch das Lastenfahrrad möglich sei. Die elektrische Unterstützung nimmt er i.d.R. nur bei Lastfahrten in Anspruch. Bei Leerfahrten fährt er gelegentlich mit der Mindestunterstützung, überwiegend jedoch durch eigene Muskelkraft. Durch das tägliche Radfahren fühlt sich der Anwender „gesünder“. Besonders bei gutem Wetter mache ihm das Fahren an der frischen Luft viel Spaß. Auch bei Regenwetter fährt er, mit entsprechender Schutzkleidung, ohne Bedenken. Er räumte lediglich ein, dass er aus Sicherheitsgründen bei Glatteis das Lastenfahrrad nicht fahren würde. Die Koordinatoren haben ebenfalls die Möglichkeit (Einbahn-) Straßen und Radwege verkehrsgegenläufig zu befahren als besonders positiv hervorgehoben. Bei einer direkten Gegenüberstellung von Lastenfahrrad und Pkw wurden von allen drei Interviewten angegeben, dass das Rad zwar im Vergleich zum Pkw eine geringere Kapazität hätte, dafür aber teilweise die Strecken mit dem Rad in kürzerer Zeit zurückgelegt werden können. Besonders innerorts vertreten alle drei die Meinung, dass das Lastenfahrrad weniger Zeit benötigt („schneller ist“) als der Pkw. Die Erwartungen haben sich nach der persönlichen Einschätzung der Koordinatoren sowie des Anwenders erfüllt. Dabei stellte der Anwender besonders die Erfahrungen im direkten Kundenkontakt heraus.

### Akzeptanz

Die Mitarbeiter-Akzeptanz spielt im Rahmen des Modellversuchs eine große Rolle. In den Interviews hat sich herausgestellt, dass die Mitarbeiter zwar durchweg positiv zum Lastenfahrrad eingestellt sind, die Ausprägung dieser Einstellung jedoch sehr unterschiedlich ist. Zum einen gibt es Fahrer, die gerne mit dem Lastenfahrrad fahren, was vor allem auf ihre Fahrradaffinität im privaten Umfeld zurückzuführen ist. Zum anderen gibt es Fahrer, die zwar glücklich über die Entlastung ihrer Arbeit (durch das Lastenfahrrad) sind, selbst das Rad jedoch nicht fahren wollen. Gründe dafür sieht der Projektleiter der Radstation in erster Linie darin, dass diese Fahrer auch privat kein Fahrrad nutzen. Er vermutet, dass deshalb die Nutzung des Lastenfahrrads für diese Personen im Arbeitsumfeld nicht in Frage kommt, sie also „nicht darüber nachdenken das Rad zu nutzen“. Weiterhin stellt die körperliche bzw. gesundheitliche Verfassung der Mitarbeiter ein Problem dar. Viele Mitarbeiter sind übergewichtig, sodass sie das Lastenfahrrad aufgrund der Gewichtsrestriktion (maximal zulässiges Fahrgewicht beträgt 100 kg) nicht nutzen können. Zudem sind einige Fahrer zu groß (und zu

schwer) um das Lastenfahrrad sicher fahren zu können. Die Anleiterin der PIA-Stiftung gab außerdem zu bedenken, dass die anfänglichen Startschwierigkeiten zu einer unüberwindbaren Hürde für Personen mit geringer Fahrradaffinität werden könnten. Die Bereitschaft das Lastenfahrrad zu fahren hängt somit stark von den individuellen Persönlichkeiten ab. Zum Thema Akzeptanz wurden weiterhin Fragen in Bezug auf die Wahrnehmung des Lastenfahrrads durch andere Verkehrsteilnehmer gestellt. Dem Anwender ist während seiner Fahrten aufgefallen, dass viele Fußgänger großes Interesse zeigen. Sie „starren“ dem Lastenfahrrad häufig hinterher und stellen gelegentlich Fragen dazu. Auch die Werbung auf der Transportbox wird häufig wahrgenommen. Seitens der Fußgänger konnte er ausschließlich von positiver Rückmeldung sprechen. Den Eindruck, dass das Lastenfahrrad durch die Autofahrer gesondert wahrgenommen oder dass verstärkt Rücksicht genommen wird hatte er nicht. Die Autofahrer seien „genauso egoistisch wie sonst auch“. Die Koordinatoren gaben ein ähnliches Feedback dazu. Man sei „ein Blickfang“, erfahre jedoch keine gesonderte Rücksichtnahme.

### *Planung*

Fragen bezüglich der Planung konnten ausschließlich durch die beiden Koordinatoren beantwortet werden. Da die Planung nicht in den Aufgabenbereich des Anwenders fällt, wurde dieser Themenbereich in seinem Interview ausgeschlossen. Von Interesse waren in diesem Themenblock besonders die Entscheidungskriterien in Bezug auf die Tourenplanung, die Mitarbeiterplanung sowie die Unterschiede bei der Planung beim Einsatz des Lastenfahrrads bzw. des Pkw. Es stellte sich heraus, dass bei der Tourenplanung vorrangig die Uhrzeit bzw. das Zeitfenster sowie das Auslieferungsgebiet berücksichtigt werden. Nach Möglichkeit werden Lieferungen, deren Ziel im gleichen Stadtteil liegt, gebündelt, um unnötige Fahrwege zu vermeiden und effizienter zu agieren. Ausschlaggebendes Kriterium bei der Tourenplanung stellt jedoch die Einhaltung der Lieferzeitfenster dar. Die Mitarbeiterplanung wird derzeit überarbeitet und zielt vorrangig darauf ab in jede Schicht einen Radfahrer einzuteilen. Wie bereits erwähnt eignet sich nicht jeder Mitarbeiter zum Einsatz auf dem Lastenfahrrad. Durch die überarbeitete Mitarbeiterplanung soll gewährleistet werden, dass immer ein Fahrer für das Lastenfahrrad zur Verfügung steht. Weiterhin ist in der strategischen Planung vorgesehen einen festen Mitarbeiter ausschließlich für das Lastenfahrrad einzustellen. Dabei gilt es jedoch abzuwägen inwiefern sich dieser Mitarbeiter wirtschaftlich rentiert. Die Planung für das Lastenfahrrad und den Pkw unterscheiden sich lediglich in Bezug auf die Mitarbeiter. Die Tourenplanung hat sich durch die Anschaffung des Lastenfahrrads nicht verändert. Bei der Entscheidung welches Transportmittel für den Auftrag eingesetzt werden soll sind primär die beiden Hemmfaktoren Menge und Distanz zu berücksichtigen. Die Menge nimmt dabei aufgrund der begrenzten Kapazität und des Auslieferungsradius (von maximal 30 km) einen höheren Stellenwert ein. Es wurde zudem angegeben, dass das Lastenfahrrad häufig für kleinere, „spontane“ Fahrten eingesetzt wird, da sich hierbei der Einsatz des Pkw nicht lohne. Güter Zum Thema Güter wurden bereits in den vorangegangenen Themenblöcken einige Aussagen getroffen. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nicht alle Güter des Gutspektrums zur Auslieferung mit dem Lastenfahrrad geeignet sind. Hervorgehoben wurden Elektroartikel (wie z.B. Stehlampen), die das Volumen der Transportbox überschreiten würden, sowie die bereits angesprochenen Lebensmittellieferungen. Grundsätzlich eignet sich das Lastenfahrrad für den Transport von Lebensmitteln. So wurden eigens dafür spezielle Kühltaschen für den Transport mit dem Lastenfahrrad angeschafft, da die Kühlboxen der Pkw nicht in die Transportbox passen. In diesem speziellen Anwendungsfall stellen die Lebensmittel aufgrund ihres (bis zur Abholung) unbekannten Umfangs die größte Herausforderung dar.

### *Persönliche Einschätzungen*

Die Kodierungen Vor- und Nachteile sowie Weiterempfehlung werden der Kategorie persönliche Einschätzungen zugeordnet. Als Vorteile des Lastenfahrrads wurden Umweltaspekte, ein geringerer CO<sub>2</sub>-Ausstoß sowie die Schnelligkeit des Lastenfahrrads aufgeführt. Zudem wurde der Aspekt Parkplatzsuche angesprochen. Zum einen wurde dabei die Parkplatzsuche während der Auslieferungen angegeben. Zum anderen wurde positiv hervorgehoben, dass das Lastenfahrrad wesentlich weniger Platz auf dem Vorplatz des Unternehmens in Anspruch nimmt. Während die Anschaffung eines weiteren Pkw Probleme mit den Abstellmöglichkeiten für diesen hervorrufen würden, könnten aufgrund der Gegebenheiten vor Ort problemlos ein zweites oder sogar drittes Lastenfahrrad abgestellt wer-

den. Nachteilig wurde angesehen, dass das Lastenfahrrad aufgrund der Reifenbeschaffenheit deutlich anfälliger für „Pannen“ sei. Um das Argument abzuschwächen wurde jedoch zu bedenken gegeben, dass diese „Pannen“ auch erheblich schneller zu beheben sind als die eines Pkw. Die Frage, ob die Befragten ihren Kollegen oder Unternehmen in ähnlichen Situationen das Lastenfahrrad weiterempfehlen würden, wurde einstimmig bejaht. Als Gründe wurden die zuvor erwähnten Vorteile aufgeführt. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass das Lastenfahrrad aufgrund seines „grünen“ Images auch nützlich für die Öffentlichkeitsarbeit sei und dem Unternehmen zu einem nachhaltigen Image verhelfen könne.

#### *Zukunftsperspektiven und Ausblick*

Zum Thema Zukunftsperspektiven wurden den Interviewpartnern Fragen zum Unternehmen selbst aber auch zum Wirtschaftsverkehr gestellt. Ebenso wurden Änderungs- bzw. Verbesserungsvorschläge angesprochen. Einig waren sich die Befragten darin, dass sie das Lastenfahrrad gerne weiterhin für das Unternehmen nutzen würden. Zur Anschaffung weiterer Lastenfahrräder wollte der Anwender sich nicht äußern. Die Koordinatoren indes sind einer Anschaffung weiterer Lastenfahrräder gegenüber nicht abgeneigt. Sie warfen allerdings die Bedenken ein, dass sich ein weiteres Lastenfahrrad auch rentieren müsse. Nach der derzeitigen Auftragslage ist die Anschaffung eines zusätzlichen Lastenfahrrads nicht wirtschaftlich. Es wird jedoch eine Erweiterung der Kundenbasis angestrebt. Bei einer größeren Auftragslage könnten dann bspw. Medikamente zukünftig ausschließlich per Lastenfahrrad ausgeliefert werden. Für den städtischen Wirtschaftsverkehr sieht der Projektleiter in (elektrischen) Lastenfahrrädern eine sinnvolle Lösung für die Probleme auf der letzten Meile. Auch in Hinblick auf die Diesel-Fahrverbote stellen für ihn Lastenfahrräder eine sinnige Alternative zum Pkw dar. Änderungsvorschläge des vorhandenen elektrischen Lastenfahrrads hatten der Anwender und die Koordinatoren keine. Der Projektleiter gab dazu gleichwohl an, dass das vorhandene Lastenfahrrad für ihn persönlich als Vorlage für Lastenfahrräder diene und er aufgrund mangelnder Kenntnisse über weitere Bauarten keine Verbesserungsvorschläge anführen könne. Er sprach darüber hinaus Verbesserungsvorschläge hinsichtlich der städtischen Unterstützung des Radverkehrs an. Wichtig wäre hierbei für ihn eine bessere Ausschilderung der Radwege, eine Erneuerung dieser sowie klare Aussagen darüber, welche Straßen (insb. Fußgängerzonen) mit dem Lastenfahrrad befahren werden dürfen. Besonders ärgerlich in seinen Augen ist in diesem Zusammenhang der unzureichend geplante Radruhrschnellweg. Dieser wäre prinzipiell mit dem (elektrischen) Lastenfahrrad befahrbar und könne dadurch eine große Zeitersparnis mitbringen. Da in der Planung des Schnellwegs jedoch die breiten Lastenfahrräder nur am Rande berücksichtigt wurden, ist es nicht möglich die schmalen Auffahrten mit dem Lastenfahrrad zu passieren. Der neue Radweg liegt somit „direkt vor der Tür“, ist aber nicht nutzbar.

#### *Technische Hintergründe*

Dem Unternehmen stehen zwei Akkus zur Verfügung. Während der Touren verbleibt der Ersatz-Akku in der Radstation und kann dort bei Bedarf gegen den leeren Akku ausgetauscht werden. Die Aufladung der Akkus erfolgt in der Radstation über RWE Strom. Da die Aufladung nicht in den Aufgabenbereich des Anwenders fällt, konnte er über die Ladedauer keine Auskunft geben. Bei der E-Mail Korrespondenz mit dem dafür verantwortlichen Mitarbeiter konnte in Erfahrung gebracht werden, dass die Akkus eine Gesamtladedauer von sechs Stunden haben, wobei 80% innerhalb der ersten drei Stunden erfolgen. Wie bereits eingangs erwähnt fielen die Antworten bezüglich der Akku-Reichweite sehr unterschiedlich aus. Während der Anwender von einer Reichweite von 35-40 km ausgeht, hielten die Koordinatoren 70-80 km für realistisch.

### **6.3.3 Potential- /Einflussbewertung: Innerbetrieblicher Anwendungsfall**

Wie bereits erwähnt, wurden mit Hilfe des Fahrtenbuchs Daten über eine Zeitspanne von drei Monaten erhoben. Während dieser Zeit kam das Lastenfahrrad an 25 Tagen zum Einsatz. Zum einen liegt diese verhältnismäßig geringe Anzahl an Tagen an der dünnen Auftragslage. Zum anderen ist der Anwender in diesem Zeitraum 15 Tage aufgrund von Krankheit und Urlaub ausgefallen. Somit hätte das Lastenfahrrad effektiv an 50 Tagen zum Einsatz kommen können und ist demzufolge an 50% der möglichen Einsatztage gefahren. An den 25 Einsatztagen wurden insgesamt 33 Aufträge ausgeliefert. Davon sind ca. 55% dem Gütertransport und 45% den Dienstleistungsfahrten zuzuschreiben. Die Dienstleistungsfahrten erfolgten zu 100% leer. Im Fall des Gütertransports wurden

mit einer Mehrheit von 61% Fahrten mit der Füllmenge  $\frac{1}{2}$  durchgeführt. Den Füllmengen  $\frac{1}{4}$  bzw.  $\frac{3}{4}$  sind 22% bzw. 17% der Fahrten zuzuordnen. Damit ergibt sich eine durchschnittliche Menge pro Auftrag von  $\frac{1}{3}$ . Im Durchschnitt dauerte eine Fahrt 6,6 Minuten. Die kürzeste Fahrzeit betrug vier Minuten, die längste 15 Minuten. Die minimale Anzahl an Aufträgen pro Tag beläuft sich auf eins während die maximale Anzahl drei betrug. Durchschnittlich ergibt sich daraus eine Anzahl von 1,32 Aufträgen pro Tag. Im Verlauf der 25 Tage wurde lediglich eine Tour gefahren. Diese dauerte 56 Minuten und umfasste vier Stationen. In Bezug auf die Anzahl der Einsatztage ergibt sich eine Menge von 0,04 Touren pro Einsatztage. Insgesamt wurde im Erhebungszeitraum mit dem Lastenfahrrad eine Strecke von 75,34 km zurückgelegt. Im Durchschnitt betrug die Entfernung rund 1,14 km. Die kürzeste Entfernung zwischen zwei Standorten beläuft sich auf 0,64 km, die längste Entfernung auf 3,3 km. Tabelle 6.3-4 fasst die Kernergebnisse zusammen.

Rahmenbedingungen	
Anzahl Einsatztage insgesamt	25 Tage
Anzahl Aufträge insgesamt	33 Aufträge
☉ Anzahl Aufträge pro Einsatztage	1,32 Aufträge
Maximale Aufträge pro Einsatztage	3 Aufträge
Minimale Aufträge pro Einsatztage	1 Auftrag
Verhältnis von Gütertransporten zu Dienstleistungsfahrten	
Anteil Gütertransport	55%
Anteil Dienstleistungsfahrten	45%
Menge	
Anteil Gütertransport mit Auslastung 25%	22%
Anteil Gütertransport mit Auslastung 50%	61%
Anteil Gütertransport mit Auslastung 75%	17%
Anteil Gütertransport mit Auslastung 100%	0%
Fahrzeit	
☉ Fahrzeit pro Auftrag	6,6 Minuten
Kürzeste Fahrzeit	4 Minuten
Längste Fahrzeit	15 Minuten
Entfernung	
Zurückgelegte Strecke insgesamt	75,34 km
☉ zurückgelegte Strecke pro Einsatztage	3,01 km
Minimale Entfernung	0,64 km
Maximale Entfernung	1,14 km

Tabelle 6.3-15: Zusammenfassung der Datenerhebung mit dem Fahrtenbuch

Aus den ermittelten Kennzahlen lassen sich nun folgende Rückschlüsse ziehen: Nach Angaben des Fahrers wurde vor Nutzung des elektrischen Lastenfahrrads etwa dreimal so viel Zeit zur Auslieferung benötigt wie mit dem Lastenfahrrad. Daraus folgt, dass zuvor durchschnittlich 19,8 Minuten für eine „Fahrt“ benötigt worden wären. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass mit Hilfe des Lastenfahrrads effektiv doppelt so viel transportiert werden kann wie zuvor. Wie bereits

erwähnt, hätten ohne Lastenfahrrad für Transporte mit Auslastung von 75% und voll zwei Fahrten durchgeführt werden müssen. Somit ergibt sich für die drei Fahrten mit Füllmenge 75% eine noch größere Zeitersparnis. Anstelle der 34 Minuten reiner Fahrzeit, wären ohne Lastenfahrrad mindestens 2,7 Stunden nötig. Abgesehen davon, dass dadurch mehr als zwei Stunden (79%) eingespart worden sind und der Mitarbeiter somit dem Unternehmen in dieser Zeit für andere Tätigkeiten zur Verfügung gestanden hat, brachte die Zeit- bzw. Wegersparnis auch positive Effekte bezüglich der Mitarbeiterzufriedenheit mit sich. Insgesamt kann festgehalten werden, dass der Einsatz des Lastenfahrrads in diesem Anwendungsfall eine enorme Zeitersparnis mit sich bringt. Da der Fahrer zu Fuß dreimal mehr Zeit benötigt als mit dem elektrischen Lastenfahrrad, kann für die erhobenen Daten eine Zeiteinsparung von 67% ermittelt werden. Neben der beschriebenen quantitativen Erhebung wurde eine qualitative Erhebung durchgeführt. Diese basiert auf Leitfadeninterviews mit den Anwendern.



### *Einschätzung vor der Nutzung*

In beiden Fällen sind die Befragten durch das cargobike Netzwerktreffen der Stadt Dortmund mit dem Modellversuch in Berührung gekommen. Der Koordinator wurde bei einer Vorstellung des Modellversuchs auf diesem Netzwerktreffen auf die Möglichkeit zur Teilnahme an dem Versuch aufmerksam. Da ihn die Umweltaspekte des Einsatzes eines elektrischen Lastenfahrrads persönlich interessieren und er die Bedingungen seines Unternehmens (Fläche, Güter, Einsatzgebiet) für besonders geeignet hielt, nahm er bzw. sein Unternehmen an diesem Versuch teil. Durch den persönlichen Kontakt (über das Netzwerk cargobike) des Koordinators mit dem Verantwortlichen bei der Wirtschaftsförderung Dortmund, wurde die Übereinkunft der Übergabe des Lastenfahrrads getroffen. Somit konnte der Anwender keine Aussage zur Motivation an der Teilnahme an dem Versuch treffen. Aus dem Interview ergab sich jedoch, dass auch der Anwender sehr umweltbewusst lebt und der Elektromobilität grundsätzlich positiv gegenübersteht. Die Erwartungen an den Modellversuch lagen beim Koordinator darin, den Pkw zukünftig durch das Lastenfahrrad ersetzen zu können. Der Anwender hat keine Erwartungen an den Modellversuch gestellt, unter anderem lag dies daran, dass er keine genaue Vorstellung von der Bauform des Lastenfahrrads hatte. Vor der Nutzung des elektrischen Lastenfahrrads wurden die Güter am Flughafen mit einem Pkw transportiert. Im Fall der Wirtschaftsförderung Dortmund erfolgte die Auslieferung der Güter fußläufig. Nach Angaben des Anwenders war der Arbeitsalltag von (zeitlich) längeren Wegen geprägt, da etwa dreimal so viel Zeit für einen Auftrag benötigt wurde.

### *Persönliche Hintergründe*

Zur Frage nach den Vorkenntnissen in Bezug auf (elektrische) Lastenfahrräder gab der Koordinator an, dass er keine gehabt hätte. Nachdem die Teilnahme an dem Modellversuch beschlossen wurde, habe er allerdings einen Selbstversuch unternommen und die Fahrt mit einem Lastenfahrrad getestet. Der Anwender hatte bereits in der Vergangenheit Erfahrungen mit der Nutzung (elektrischer) Lastenfahrräder gemacht. Nachdem er jahrelang als Postzusteller bei der Deutschen Post gearbeitet hat, ist ihm der Umgang mit solchen Fahrrädern bekannt. Zudem hat er auf diversen (Fach-)Messen unterschiedliche Bauformen von Lastenfahrrädern kennengelernt und hat diese teilweise getestet. Es hat sich herausgestellt, dass der Anwender auch im privaten Umfeld sehr fahrradaffin ist. Dies liegt unter anderem daran, dass er keinen Führerschein besitzt und im Alltag durch ein Fahrrad mobil ist.

### *Erfahrungsberichte nach der Nutzung*

Da sich die Erfahrungsberichte der beiden Interviewpartner stark in ihrer Aussagefähigkeit unterscheiden, wird im Folgenden zunächst auf den Anwendungsfall der Wirtschaftsförderung Dortmund und anschließend auf den Fall Dortmund Airport 21 eingegangen.

Durch die Nutzung des Lastenfahrrads hat sich der Arbeitsalltag des Anwenders grundlegend verändert. Abhängig von Verkehrslage und genutztem Weg hat sich die Auslieferungszeit um ein Drittel verringert. Zudem kann mit dem Lastenfahrrad eine größere Menge Güter als zuvor transportiert werden, sodass eine Bündelung der Aufträge möglich ist. Auch seine Zufriedenheit ist größer geworden, da die Auslieferung mit dem Lastenfahrrad „viel mehr Spaß macht als zu Fuß“. Erwähnt wurden in diesem Zusammenhang auch die anfänglichen Startschwierigkeiten. Vor allem die lange Gabel des Lastenfahrrads sowie der Vorderradantrieb mache die Fahrt anfangs für ungeübte Fahrer schwierig. Nach einiger Übung fallen diese Schwierigkeiten allerdings weg. Bei der Auswahl der Radwege achtet der Anwender primär darauf verkehrsberuhigte Straßen zu nutzen. Dies liegt unter anderem daran, dass er sich in Bezug auf Autofahrer, wegen derer mangelnden Rücksichtnahme Fahrradfahrern gegenüber, unsicher fühlt. Diese Unsicherheit spiegelt sich unter anderem darin wieder, dass er seit der Nutzung des elektrischen Lastenfahrrads zur eigenen Sicherheit einen Fahrradhelm trägt. Im privaten Umfeld hat er zuvor nicht auf einen Helm zurückgegriffen. Weiterhin bevorzugt er die Fahrt auf Radwegen und nimmt dafür auch gerne einen Umweg in Kauf. Zum Thema Fitness gab er an, dass sich durch seinen ohnehin aktiven Lebensstil keine Veränderungen ergeben haben. Die elektrische Unterstützung des Lastenfahrrads, welche er auch stets in Anspruch nimmt, erleichtert ihm aufgrund seiner gesundheitlichen Einschränkungen den Arbeitsalltag stark. In diesem Zusammenhang stellte er fest, dass das Fahren mit einem elektrischen Lastenfahrrad auf maroden

Straßen (Schlaglöcher etc.) durch die Unterstützung wesentlich leichter wäre als mit einem herkömmlichen Fahrrad. Wie bereits erwähnt war der Anwender in der Vergangenheit als Postzusteller tätig. Durch diese Erfahrungen bereiten ihm witterungsbedingte Einflüsse wie bspw. Regen keine Probleme. Als erfahrener Zusteller trägt er zum Schutz vor Regen entsprechende Regenkleidung. Im Vergleich zum herkömmlichen Fahrrad gab er jedoch an, dass durch die lange Gabel des Lastenfahrrads und des vergleichsweise dünnen Reifens die Gefahr des „Rutschens“ auf nassen Straßen höher sei.

Grenzen im täglichen Gebrauch ergaben sich für den Anwender grundsätzlich in Bezug auf Gewicht und Distanz. Für seinen Arbeitsalltag sei das vorhandene Lastenfahrrad dennoch ausreichend, da selten größere Mengen zu befördern seien und er sich in einem maximalen Radius von 3 km bewegt. Aufgrund der nicht vorhandenen Erwartungen seinerseits vor der Nutzung des Lastenfahrrads konnten auch keine Rückschlüsse auf deren Erfüllung gezogen werden. Er betonte dabei noch einmal, dass das elektrische Lastenfahrrad eine große Unterstützung für ihn sei und seinen Arbeitsalltag erleichtern würde. Zu der Nutzung des Lastenfahrrads konnte der Vertreter des Dortmund Airports 21 keine Aussagen aus eigener Erfahrung treffen. In seinem Fall ging es bei der Kategorie Erfahrungsberichte nach der Nutzung verstärkt um den ursprünglich geplanten Einsatzrahmen sowie die Rückmeldungen seiner Mitarbeiter. Zum Thema Startschwierigkeiten bzw. Eingewöhnung gab der Koordinator an, dass insbesondere die ersten 30 Meter eine große Herausforderung darstellen würden. Aufgrund der Länge des Lastenfahrrads und seiner einspurigen Bauform sei die Fahrt sehr gewöhnungsbedürftig. Wurde die Hemmschwelle der ersten 30 Meter jedoch überwunden, stelle die Fahrt mit dem Lastenfahrrad keine weiteren Probleme dar. Eine gesonderte Einarbeitung der Mitarbeiter fand nicht statt, sondern wurde „on the job“ vorgenommen. Als Koordinator machte er seine Mitarbeiter dabei auf mögliche Schwierigkeiten aufmerksam und begleitete deren erste Fahrversuche. Der geplante Rahmen zum Einsatz des elektrischen Lastenfahrrads sah vor, den innerbetrieblichen Warentransport über das Lastenfahrrad abzuwickeln und dadurch den Einsatz des Pkw reduzieren zu können. Der Verkehr findet überwiegend in den Abendstunden statt, sodass über den Tag ankommende Pakete gebündelt ausgeliefert werden können. Als Grenzen zeigten sich auch hier das Volumen und Gewicht auf. Aufgrund der Besonderheiten am Flughafen und des Gutspektrums eignet sich der Einsatz des Lastenfahrrads im vorgesehenen Rahmen nur bedingt. Weiterhin wurde die Distanz als Schwäche des Lastenfahrrads angesehen. Herausgestellt wurde in diesem Zusammenhang jedoch auch, dass die Distanz im innerbetrieblichen Bereich keine Probleme darstelle und sich eher auf grundsätzliche Grenzen beziehen würde. Umgehen könne man solche Schwierigkeiten allerdings durch das Mitführen eines zweiten Akkus. Nach persönlicher Einschätzung des Koordinators haben sich seine Erwartungen zum Einsatz des Lastenfahrrads erfüllt. Inwiefern das Lastenfahrrad letztendlich zum Einsatz kam, hänge jedoch sehr von den Mitarbeitern sowie der Wetterlage ab. Besonders bei schlechtem Wetter (Regen, Schnee) hätten die Mitarbeiter lieber zum gewohnten Pkw gegriffen.

### *Akzeptanz*

Die Mitarbeiterakzeptanz ist insbesondere beim Einsatz am Dortmund Airport 21 von großer Relevanz. Dass das Lastenfahrrad nicht im geplanten Rahmen zum Einsatz kam, liegt vornehmlich an der mangelnden Bereitschaft der Mitarbeiter das Lastenfahrrad zu nutzen. Nach Meinung des Koordinators ist der primäre Grund dafür die fehlende Bereitwilligkeit die gewohnten Arbeitsabläufe zu ändern. Zudem fiel es Mitarbeitern mit geringer Fahrradaffinität aufgrund der Startschwierigkeiten besonders schwer auf ein Lastenfahrrad umzusteigen. Die Nachfrage, ob die Mitarbeiter bspw. durch interne Wettbewerbe oder Boni stärker motiviert werden könnten lehnte der Koordinator ab. Dies sei nicht förderlich für das Betriebsklima und würde gesundheitlich eingeschränkte sowie wenig fahrradaffine Mitarbeiter benachteiligen. Der Anwender im Fall der Wirtschaftsförderung Dortmund ist dem Lastenfahrrad gegenüber sehr positiv eingestellt und „glücklich das Lastenfahrrad fahren zu können“. Auf die Frage ob er sich vorstellen könne warum andere Mitarbeiter das Lastenfahrrad nicht so bereitwillig nutzen gab er als Grund die „Bequemlichkeit“ der Menschen an. Er sei der Meinung, dass die Menschen zu sehr an den Pkw gewohnt sind und nicht bereit seien mehr Zeit durch die Nutzung eines (Lasten-)Fahrrads in Kauf zu nehmen. Zur Wahrnehmung durch andere Verkehrsteilnehmer konnte er auch ausschließlich positives Feedback geben. Fußgänger blieben oft stehen und zeigten großes Interesse an dem Lastenfahrrad. Häufig wurde er auch nach dem Zweck etc. gefragt und gab in diesen Fällen bereitwillig Auskunft. Er sei auch während einer Fahrt von einem

Handwerksbetrieb auf das Lastenfahrrad angesprochen worden. Dieses habe nach dem Gespräch mit dem Anwender über die Anschaffung eines solchen Lastenfahrrads für ihren innerstädtischen Einsatz nachgedacht. Weiterhin ist er der Meinung durch das Lastenfahrrad bewusster wahrgenommen zu werden. Durch die Breite und Länge des Fahrzeugs würden bspw. auch Autofahrer mehr Rücksicht im Straßenverkehr nehmen.

### *Planung*

Anders als im außerbetrieblichen Anwendungsfall findet in den innerbetrieblichen Anwendungsfällen keine direkte Tourenplanung statt. Im Fall der Wirtschaftsförderung Dortmund teilt sich der Anwender seine Arbeit selbstständig ein. Dabei wird vornehmlich auf die Dringlichkeit geachtet. Muss bspw. ein Dokument zeitnah zum Rathaus gebracht werden, so wird dieser Auftrag priorisiert. Ansonsten bemüht sich der Fahrer darum Aufträge zu bündeln, um diese nach Möglichkeit in einer Tour auszuliefern. Beim Dortmund Airport 21 organisieren die jeweiligen Fachbereiche (die beliefert werden müssen) ihre Touren eigenständig. Der Bereich Cargo erteilt den Fachbereichen eine Avisierung, sodass die Ware auf den Touren der Fachbereiche eingesammelt werden können. Für diesen Fall wurde das Lastenfahrrad allerdings nicht eingesetzt und ein Einsatz auch nicht angedacht. Über die Verwendung des Lastenfahrrads konnten die Mitarbeiter selbst verfügen. Die Entscheidung welches Transportmittel sie zur Bewältigung ihrer Arbeit verwenden oblag deren Einschätzung. Um die Probleme bezüglich der Mitarbeiterakzeptanz zu umgehen, hielt der Koordinator die feste Zuteilung eines fahrradaffinen Mitarbeiters für durchaus sinnvoll. Durch den Schichtbetrieb in dieser Abteilung war eine solche Zuteilung jedoch nicht möglich. Die zuvor angesprochenen Besonderheiten bei der Planung am Flughafen liegen an den Sicherheitsvorkehrungen. Die Waren bzw. Pakete werden landseitig durch Logistikdienstleister angeliefert. In der Regel werden die Güter dann innerbetrieblich auf die Luftseite transportiert, berühren also den sensiblen Bereich. Dabei müssen sowohl die Güter als auch die Fahrer die Sicherheitskontrollen passieren und einreisen. Bei der maximalen Entfernung von 2 km nimmt dieser Vorgang, inkl. Hin- und Rückfahrt, etwa 20 bis 30 Minuten in Anspruch. Aus diesem Grund ist es von besonderer Relevanz möglichst wenige Hin- und Rückfahrten zu verursachen. Die beschränkte Kapazität des Lastenfahrrads kann dabei hinderlich sein und ebenfalls als Grund gegen die Nutzung des Lastenfahrrads aufgeführt werden.

### *Güter*

Im Bereich des Dortmund Airports 21 wurden Büromaterialien, Pakete, Arbeitsmittel (z.B. Arbeitsschuhe) sowie Flugzeugersatzteile transportiert. Es handelt sich bei dem Gutspektrum um keinerlei geflogene Fracht, sog. Cargo. Trotzdem handelt es sich bei den Gütern teilweise um zeitkritische Güter. Insbesondere die Flugzeugersatzteile sind dieser Kategorie zuzuordnen. Ein „Aircraft on Ground“ (AOG), ein flugunfähiges Flugzeug, bedeutet einen wirtschaftlichen Verlust, sodass die Flugfähigkeit schnellstmöglich wiederhergestellt werden muss. Diese Teile berühren dann wieder den sensiblen Bereich, sodass zum einen aufgrund der Sicherheitskontrollen und zum anderen aufgrund des Zeitfaktors eine Auftragssplittung der Sendungen nicht in Frage kommt. Somit eignen sich in diesen Fällen nur Güter für den Transport mittels Lastenfahrrad, die die Aufnahmekapazität der Transportbox weder in Größe noch Gewicht übersteigen. Nach Angaben des Koordinators sind demnach ca. 50% der von ihm zu transportierenden Güter durch den Transport aufgrund der Restriktionen geeignet. Als negatives Beispiel wurde ein Ersatzrad für Flugzeuge aufgeführt, welches allein aufgrund der Größe nicht in der Transportbox des Lastenfahrrads transportiert werden könnte. Im Fall der Wirtschaftsförderung Dortmund wird das Lastenfahrrad vorwiegend für den Transport von Papeterie in Form von Akten oder Kopierpapier genutzt. Weiterhin werden gelegentlich belegte Brötchen transportiert. Dabei werden jedoch keine gesonderten Vorkehrungen zur Einhaltung von Lebensmittelhygienevorschriften beachtet. Wie zuvor beim fußläufigen Transport werden die Brötchen auch beim Transport mittels Lastenfahrrad mit Frischhaltefolie abgedeckt. Für den Transport ungeeignet befindet der Anwender sperrige und schwere Güter, die durch ihre Form nicht in der Transportbox transportiert werden können.

### *Persönliche Einschätzung*

Die Kategorie persönliche Einschätzung umfasst die Kodierungen Vor- und Nachteile sowie die Kodierung Weiterempfehlung. Die Vorteile des Lastenfahrrads sieht der Anwender insbesondere bei der Entlastung der Innenstädte. Seiner Meinung nach könnte man durch einen verstärkten Einsatz

von Lastenfahrrädern das Verkehrsaufkommen der Pkw stark reduzieren und dadurch für eine Verbesserung der Luftqualität sorgen. Insgesamt würden durch die Lastenfahrräder viel weniger Umweltbelastungen entstehen. Zudem sei die zusätzliche Bewegung gesundheitsfördernd. Der Koordinator sieht in Lastenfahrrädern eine Chance für die Zustellung auf der letzten Meile für die KEP-Dienstleister. Für den Verkehr im Allgemeinen führt er auch die private Nutzung in Form von Kindertransport bzw. Einkaufsfahrten an. In diesem Zusammenhang erwähnte er zudem die möglichen Nachteile wie die hohen Kosten für Privatpersonen (im Vergleich zum herkömmlichen Fahrrad) sowie die Abstellmöglichkeiten. Aufgrund des Preises seien insbesondere nachts sichere Abstellmöglichkeiten sehr wichtig und stünden nicht jeder Privatperson (vornehmlich im städtischen Großraum) zur Verfügung. Der Anwender führte bei den Nachteilen die technischen Restriktionen auf. Er betonte dabei, dass es für ihn keine echten Nachteile bei der Nutzung des Lastenfahrrads gebe, sondern vielmehr Grenzen, die sich aus den technischen Rahmenbedingungen ergeben. Die Grenzen sind dabei, wie bereits erwähnt, die begrenzten Zuladungsmöglichkeiten, bedingt durch Gewichts- und Größenrestriktionen, sowie die Distanz. Nachteilig an der Konstruktion des vorliegenden elektrischen Lastenfahrrads sei allem voran die offene Transportbox anzuführen. Im Rahmen der Änderungsvorschläge in der nachfolgenden Kategorie wird darauf noch einmal näher eingegangen. Beide Interviewpartner würden die Nutzung eines Lastenfahrrads anderen Unternehmen oder Kollegen empfehlen. Der Anwender begründet dies durch die Entlastung der Umwelt. Für den Koordinator stehen der Spaßfaktor sowie die Kostenfrage im Vordergrund. Er gab an, dass der Vergleich von Strom- und Benzinkosten zugunsten des Strompreises ausfallen würde.

### *Zukunftsperspektiven und Ausblick*

Zum Thema Zukunftsperspektiven wurden den Interviewpartnern Fragen zum Unternehmen selbst aber auch zum Wirtschaftsverkehr gestellt. Ebenso wurden Änderungs- bzw. Verbesserungsvorschläge angesprochen. Der Anwender der Wirtschaftsförderung Dortmund würde das Lastenfahrrad auch zukünftig gerne weiterhin nutzen. Für die zukünftige Nutzung würde er jedoch einige Änderungen an dem Lastenfahrrad vornehmen. Allem voran würde er die Lastaufnahmeeinrichtung ändern, indem ein größerer, geschlossener Korb angebracht werden sollte. Gerade für die Herbst- und Wintermonate befürwortet er eine geschlossene Transportbox zum Schutz der Ladung vor witterungsbedingten Einflüssen. Nachdem er auf einigen Fachmessen unterschiedliche Bauformen kennengelernt hat, würde er den Vorderradantrieb durch einen Mittelmotor ersetzen. Insbesondere die Startschwierigkeiten würden seiner Meinung nach dadurch verringert werden. Für den Fall eines Akku-Ausfalls hält er zudem die Anschaffung eines zweiten Akkus für sinnvoll. Die Anschaffung eines weiteren (elektrischen) Lastenfahrrads für die Wirtschaftsförderung ist in seinen Augen nicht nötig. Als Gründe führte er die geringe Anzahl an Fahrten bzw. Aufträge an sowie die Tatsache, dass er der einzige Nutzer des Lastenfahrrads sei. Der Koordinator schließt eine zukünftige Nutzung eines elektrischen Lastenfahrrads nicht aus. Das Unternehmen investiere ohnehin derzeit in Elektromobilität, sodass es nicht auszuschließen sei der E-Flotte ein Lastenfahrrad hinzuzufügen. Seine persönliche Meinung zur zukünftigen Entwicklung der (elektrischen) Lastenfahrräder im städtischen Wirtschaftsverkehr fällt kritischer aus. Es sei wünschenswert, dass sich die Lastenfahrräder durchsetzen, wahrscheinlich werden sie sich aber in Richtung Nischenprodukt orientieren. Um einen zukünftigen Einsatz am Dortmund Airport 21 zu begünstigen würde der Koordinator einige Veränderungen an dem Lastenfahrrad vornehmen. Obwohl das Unternehmen in die Konstruktion des Lastenfahrrads involviert war, wurde im täglichen Gebrauch festgestellt, dass die Lastaufnahmeeinrichtung nicht ausreicht. Zum einen würde er diese „vergrößern“ und zum anderen die Bauform von einem einspurigen Rad auf ein zweispuriges Rad ändern. In seiner Vorstellung fände ein dreirädriger Hinterlader bessere Anwendungsmöglichkeiten. Auf den Einwurf, dass ein solches Fahrrad kein Pedelec mehr sei und demnach führerschein- sowie zulassungspflichtig sei, erwiderte er, dass ohnehin jeder Mitarbeiter einen Führerschein besitze und die räumlichen Gegebenheiten am Flughafen keine Herausforderungen für ein solches Dreirad darstellen würden. Beide Interviewpartner wünschen sich eine bessere staatliche Unterstützung bzw. Förderung für Lastenfahrräder. Der Anwender würde auch gerne privat ein Lastenfahrrad nutzen und demnach Subventionen in diese Richtung begrüßen. Außerdem müsste seiner Meinung nach ein Ausbau der Radwege erfolgen. Dabei verliefte der Radweg idealerweise nicht auf der Fahrbahn, sondern abseits des Straßenverkehrs. Der Koordinator gab zusätzlich an, dass man Möglichkeiten finden müsse um die Mitarbeiter besser zu motivieren.

„Gescheitert“ sei der Versuch am Dortmund Airport 21 letztendlich durch die mangelnde Mitarbeiterakzeptanz.

### *Technische Hintergründe*

Der Fragenteil zu den technischen Hintergründen richtete sich nur an den Anwender und nicht an den Koordinator. Bei dem Interview hat sich dann herausgestellt, dass dem Anwender ein Akku zur Verfügung steht. Die Reichweite des Akkus schätzte der Anwender auf ca. 50 km. Dabei sei nach den ersten 15 km ein erster Leistungsabfall erkennbar. Die Ladedauer (bei vollständig entleertem Akku) dauert nach Angaben des Anwenders fünf bis sechs Stunden. Aufgrund der geringen Auftragslage wird der Akku i.d.R. einmal in der Woche, meist am Wochenende, aufgeladen. Genutzt wird dafür der über die DEW 21 bezogene Strom.

Nach ausführlicher Darlegung der Ergebnisse der Interviews werden im Folgenden die aussagekräftigsten Erkenntnisse in komprimierter Form aufgeführt und ggfs. Näher beleuchtet. Die Motivation zur Teilnahme an dem Modellversuch liegt in der Fahrradaffinität der Verantwortlichen sowie der persönlichen Einstellung zum Umweltschutz begründet. Im Fall der Wirtschaftsförderung Dortmund bringt der Einsatz des elektrischen Lastenfahrrads eine signifikante Zeitersparnis mit sich. Zudem ist das Lastenfahrrad eine Entlastung für den gesundheitlich eingeschränkten Mitarbeiter. Aus beiden Interviews wurde eine anfängliche Startschwierigkeit beim Umgang mit dem Lastenfahrrad deutlich. Nach einer Eingewöhnungsphase und ein wenig Übung stellte dieser Aspekt keine Herausforderung mehr dar. Es ergab sich, dass das (elektrische) Lastenfahrrad in der Öffentlichkeit bewusster wahrgenommen wird als ein herkömmliches Fahrrad. In Gesprächen mit Passanten und anderen Unternehmen spiegelte sich positives Interesse wieder. Die Grenzen des Lastenfahrrads resultieren aus den technischen Rahmenbedingungen und den damit verbundenen Restriktionen. Allem voran wurden dabei die begrenzte Kapazität der Transportbox sowie die geringe Reichweite genannt. Auch wenn die Distanz in diesen beiden Anwendungsfällen aufgrund der kurzen Strecken keine Relevanz hat, ist sie für den städtischen Wirtschaftsverkehr nicht zu vernachlässigen. Die begrenzte Kapazität ist insbesondere für den Flughafen von besonderer Bedeutung, da aufgrund der Sicherheitsvorkehrungen und dem damit verbundenen Zeitaufwand keine mehrfachen Fahrten für einen Auftrag in Kauf genommen werden können. Das Gutspektrum der Wirtschaftsförderung Dortmund, in erster Linie Papeterie gelegentlich auch Catering, eignet sich unter Berücksichtigung der Gewichts- und Größenrestriktionen ausnahmslos für den Transport mittels Lastenfahrrad. Im Fall des Flughafens eignen sich etwas 50% der zu befördernden Güter für den Transport per Lastenfahrrad. Grund dafür sind vornehmlich die zu großen und zu schweren Flugzeugersatzteile. Als Vorteile der Nutzung eines Lastenfahrrads wurden die Entlastung der Innenstädte, das positive Umweltimage sowie die Möglichkeit der alternativen Zustellung auf der letzten Meile angeführt. Nachteilig wirken sich die technischen Restriktionen sowie die anspruchsvollen Abstellmöglichkeiten und hohen Kosten für Privatpersonen aus. Beide Interviewpartner schließen eine zukünftige Nutzung des Lastenfahrrads, unter kleinen Änderungsvorschlägen, nicht aus. Dabei wurden die Wünsche nach einer größeren Lastaufnahmeeinrichtung, die Verlegung des Motors vom Vorderradantrieb zu einem Mittelmotor sowie eine abschließbare Transportbox geäußert. Für den Wirtschaftsverkehr im Allgemeinen erwartet der Vertreter des Dortmund Airports 21 eine Nischenposition der (elektrischen) Lastenfahrräder. Zudem äußerten beide Interviewten, dass sie sich eine größere Unterstützung des Staates in Form von Subventionen und dem Ausbau bzw. der Erneuerung der Radwege wünschen würden. Abschließend soll die wichtigste Erkenntnis aufgeführt werden. Das Einführen eines (elektrischen) Lastenfahrrads als Transportmittel für den innerbetrieblichen Wirtschaftsverkehr hängt maßgeblich von der Akzeptanz der Mitarbeiter ab. Dieser Anwendungsfall zeigt sowohl die positiven als auch die negativen Auswirkungen bezüglich der Einstellung der Mitarbeiter zum Thema Lastenfahrräder auf. Im Fall der Wirtschaftsförderung Dortmund findet das Lastenfahrrad großen Zuspruch des Mitarbeiters, der das Lastenfahrrad bereitwillig und gerne nutzt. Dadurch konnte das Lastenfahrrad in diesem Fall die geplante Anwendung finden. Im Fall des Dortmund Airports 21 „scheiterte“ der Einsatz des Lastenfahrrads im geplanten Rahmen aufgrund der mangelnden Bereitschaft der Mitarbeiter ihre gewohnten Arbeitsabläufe zu ändern und das elektrische Lastenfahrrad zu nutzen.



#### 6.3.4 Potential- /Einflussbewertung: Allgemein

Ergänzend zu den Erkenntnissen aus den Daten, die im Pilotprojekt erhoben wurden, wurde eine Sekundärdatenanalyse durchgeführt, deren Ergebnisse im Folgenden dargestellt werden.

##### Ökonomische Faktoren

Eine Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Lastenfahrrads und ob der Einsatz dessen im Vergleich zum Pkw ökonomisch positiv zu bewerten ist. Vor diesem Hintergrund werden die ökonomischen Faktoren, wie Anschaffungs-, Versicherungs- und Betriebskosten miteinander in Beziehung gesetzt und untersucht. Die Kosten für das elektrische Lastenfahrrad wurden dabei konservativ abgeschätzt, um die beiden Transportmittel im sog. „worst-Case-Szenario“ miteinander vergleichen zu können. Da das Ladevolumen eines elektrischen Lastenfahrrads in etwa dem eines Kleinstwagens entspricht, werden die Daten eines Kleinstwagens für den Vergleich herangezogen. Tabelle 6.3-5 stellt einen exemplarischen Kostenvergleich dar.

Kosten	Kleinstwagen	Elektrisches Lastenrad
Anschaffungskosten	10.000 €	3.690 €
Nutzungsdauer	5 Jahre	5 Jahre
Restwert nach Nutzungsdauer	3.000 €	554 €
Abschreibung (ohne Zinsen) pro Jahr	1.400 €	627 €
Anzahl der Betriebstage	200 Tage	200 Tage
Tägliche Fahrleistung	50 km	50 km
Treibstoffkosten pro 100 km	6,27 €	0,23 €
Fahrleistung pro Jahr	10.000 km	10.000 km
Treibstoffkosten pro Jahr	627 €	23 €
Wartung und Instandhaltung pro Jahr	500 €	120 €
Versicherung pro Jahr	600 €	0 €
Steuern pro Jahr	100 €	0 €
<b>Gesamtkosten pro Jahr</b>	<b>3.227 €</b>	<b>770 €</b>
<b>Gesamtkosten pro Kilometer</b>	<b>0,32 €</b>	<b>0,08 €</b>

Tabelle 6.3-16: Kostenvergleich von Kleinstwagen und elektrischem Lastenrad i.A.a (LeaseRad GmbH, 2015)

Ausgehend von einer jährlichen Fahrleistung von 10.000 km wurden für den Kleinstwagen Gesamtkosten von 3.227 € pro Jahr berechnet. Daraus ergeben sich 0,32 € Gesamtkosten/km. Beim elektrischen Lastenfahrrad belaufen sich die Jahresgesamtkosten auf 770 €, bezogen auf den Kilometer betragen die Kosten 0,08 €. Zu den oben aufgeführten Angaben ist anzumerken, dass ein elektrisches Lastenfahrrad keine Versicherungskosten hervorruft. Im Fall eines Unfalls würde hierbei die Haftpflichtversicherung greifen. Da diese Kosten jedoch für ein Unternehmen durch die Anschaffung eines elektrischen Lastenfahrrads nicht zusätzlich anfallen würden, wurden sie trotz konservativer Betrachtung nicht mit einbezogen. Eine Abschätzung der Betriebshaftpflichtversicherung wäre aufgrund ihres individuellen Charakters zudem kaum zu treffen. Die Berechnungen zeigen, dass das elektrische Lastenfahrrad im direkten Vergleich zum Pkw deutlich günstiger ist und somit wirtschaftlich positiv zu bewerten ist.

##### Ökologische Faktoren

Bei den ökologischen Faktoren stehen insbesondere Immissionen, wie CO<sub>2</sub>-Emissionen, Lärmemissionen sowie Luftschadstoffemissionen im Fokus. Elektromobilität wird durch die Allgemeinbevölkerung als umweltfreundliches, emissionsfreies Transportmittel wahrgenommen (Peter & Popp, 2011). Ein möglicher Grund dafür ist, dass bei der Elektromobilität keine lokalen Emissionen verursacht werden. Obwohl Elektrofahrzeuge keine Abgase verursachen und somit umweltfreundlicher als Verbrennungsmotoren sind, wird häufig außer Acht gelassen, dass auch elektrische Antriebe mit Energie versorgt werden müssen. Sowohl beim Beladen der Akkus als auch bei der Herstellung wird Energie benötigt, die wiederum CO<sub>2</sub>-Emissionen hervorrufen. (Sommer, 2018) Um den tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines elektrischen (Lasten-)Fahrrads zu ermitteln, wurde die folgende Kalkulation aufgestellt (vgl. Tabelle 6.3-6). Grundlage der Berechnungen sind die technischen Daten der Akkus des Modellversuchs. Da auch bei dieser Kalkulation mit konservativen Werten gerechnet wird,

beträgt die Anzahl der Ladezyklen 500 statt der üblichen Herstellerangaben von 1.000 Ladezyklen (internetstores GmbH, 2018).

Berechnung des CO <sub>2</sub> -Ausstoß eines elektrischen Lastenrads	
Strommix in Deutschland	565 g CO <sub>2</sub> pro kWh
Kapazität Akku	0,4 kWh
Reichweite pro Ladung	50 km
Anzahl der Ladezyklen pro Akku	500
Lebensdauer Akku	25.000 km
CO <sub>2</sub> -Ausstoß bei Herstellung Akku	54 kg CO <sub>2</sub> pro kWh
CO <sub>2</sub> -Ausstoß pro km (Verbrauch)	4,52 g CO <sub>2</sub> pro km
CO <sub>2</sub> -Ausstoß pro km (Herstellung)	0,864 g CO <sub>2</sub> pro km
Gesamtausstoß pro km	5,384 g CO <sub>2</sub> pro km

Tabelle 6.3-17: Berechnung des CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines elektrischen Lastenrads i.A.a. Barzel (2012)

Die Kalkulation hat gezeigt, dass ein elektrisches (Lasten-)Fahrrad eine CO<sub>2</sub>-Belastung von 5,384 gCO<sub>2</sub>/km verursacht. Ein benzinbetriebener Pkw verursacht (bei einem Verbrauch von 8 l/100 km) 200 gCO<sub>2</sub>/km, während ein dieselbetriebener Pkw (bei 4 l/100 km) 124 gCO<sub>2</sub>/km. Selbst bei der Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel werden pro Person 53 gCO<sub>2</sub>/km erzeugt. (Barzel, 2012) Bei dieser Gegenüberstellung ist das elektrische (Lasten-)Fahrrad mit Abstand das umweltfreundlichste Transportmittel. Lediglich gegenüber einem herkömmlichen Fahrrad (ohne elektrischen Antrieb) kann das elektrische Lastenfahrrad bei der Umweltbilanz nicht bestehen. Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen sind Lärmbelastungen eine weitere wesentliche Größe der Verkehrs-Immissionen. Durch chronische Lärmbelastung können Langzeitfolgen wie Gehörschäden, Schlafstörungen, Depressionen, Bluthochdruck und Herzinfarkte hervorgerufen werden (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, 2017). Vor diesem Hintergrund, aber auch vor dem Hintergrund des innerstädtischen, nächtlichen Fahrverbots für Lieferverkehr kann das elektrische Lastenfahrrad eine adäquate Alternative zum herkömmlichen Lieferverkehr bieten. Durch die geringen Geräuschemissionen eines elektrischen Lastenfahrrads kann der Verkehrslärm vermindert werden, sodass den möglichen Langzeitfolgen durch Lärmbelastung entgegengewirkt werden kann. Auch bei den sonstigen Luftschadstoffemissionen liegt der Ausstoß eines elektrischen Lastenfahrrads weit hinter dem Ausstoß eines benzin- oder dieselbetriebenen Pkw. Tabelle 6.3-7 stellt die Ergebnisse einer Untersuchung des Umweltbundesamtes zu den Luftschadstoffemissionen unterschiedlich angetriebener Fahrzeuge dar. Die Daten beziehen sich auf das Jahr 2010 und verdeutlichen den Unterschied zwischen den einzelnen Transportmitteln. Der dieselbetriebene Pkw weist sowohl bei den Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) als auch bei der Feinstaubbelastung (PM<sub>10</sub>) mehr als doppelt so viel Ausstoß auf als der benzinbetriebene Pkw. Das elektrische Lastenfahrrad weist dagegen so geringe Werte auf, dass diese in keinem Vergleich zu den Pkw-Werten stehen.

Fahrzeugtyp	NO <sub>x</sub> -Ausstoß	PM <sub>10</sub> -Ausstoß
Pkw, benzinbetrieben	30,64	0,36
Pkw, dieselbetrieben	69,40	2,69
Elektrisches Lastenrad	0,52	0,02

Tabelle 6.3-18: Luftschadstoff-Ausstoß nach Fahrzeugtyp i.A.a. Wachotsch et al. (2014)

## Soziale Faktoren

Die sozialen Faktoren beziehen sich zum einen auf das Image der elektrischen Lastenfahrräder sowie deren Wahrnehmung in der Öffentlichkeit und zum anderen auf die gesundheitlichen Aspekte, die die Radnutzung mit sich bringt. Der Verkehrsclub Deutschland (VCD) benennt im Rahmen seines Projekts „Lasten auf die Räder“ (Verkehrsclub Deutschland e.V. 2019) einige Vorteile. Dabei wird „fittes Personal“ als ein wesentlicher Vorteil der Lastenfahrräder aufgeführt. Das Deutsche Institut für Urbanistik (DifU) hat in diesem Zusammenhang ein Paper über die gesundheitlichen Auswirkungen des Radfahrens herausgebracht (Deutsches Institut für Urbanistik 2012). Obwohl es in diesem Paper vornehmlich um das Radfahren an sich geht, können die Ergebnisse auch auf elektrische Lastenfahrräder übertragen werden. Es wurde herausgearbeitet, dass Radfahren positive Effekte auf die Gesundheit hat, sowohl physisch als auch psychisch. Hervorgehoben wurden dabei Effekte wie die Reduktion von Übergewicht, Stressabbau, Stärkung des Rückens, der Gelenke und des Immunsystems sowie Vermeidung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Als Beispiele wurden aufgeführt, dass bereits 20 Minuten Radfahren das Immunsystem stärken und 50 Minuten sogar einen positiven Einfluss auf den Stoffwechsel haben. Neben den positiven Effekten fanden die Unfallrisiken ebenfalls Erwähnung. Die negativen, durch einen Unfall hervorgerufenen Gesundheitsschäden werden jedoch durch die stärkeren, positiven Auswirkungen aufgehoben. In Bezug auf das Image soll im Folgenden exemplarisch auf Verbände und Netzwerke pro Lastenfahrrad eingegangen werden. Lastenfahrräder gelten als „innovative Hingucker“ und im Vergleich zum Pkw als absolute Sympathieträger (Verkehrsclub Deutschland e.V. 2019). Insbesondere vor dem Hintergrund des steigenden Umweltbewusstseins der Bevölkerung genießen Lastenfahrräder ein positives Image. In vielen Städten, wie bspw. Berlin, Hamburg, Essen, Bochum und Dortmund, wurden Initiativen zur Förderung von Lastenfahrrädern gegründet. Die Initiative cargobike Dortmund hat z. B. das eBike Festival in Dortmund in den Jahren 2016, 2018 und 2019 unterstützt. Abgesehen von solchen Festivals treffen Lastenfahrräder auch in der Sharing Community auf großen Zuspruch. Als Beispiel sei hier Dein RUDOLF angeführt. Rudolf steht für „dem RUhrgebiet und DOrtmund sein LastenFahrrad“ und ist eine Verleihplattform für Lastenfahrräder. Nach einer Anmeldung können Lastenfahrräder kostenlos ausgeliehen werden. Unterstützt wird der Verleih durch Spenden und ehrenamtliche Helfer. (Hölzle, 2018) Auch in den Medien wurde in der Vergangenheit häufig über (elektrische) Lastenfahrräder berichtet. Der VCD hat darüber eine Übersicht in seinem Pressespiegel veröffentlicht (vgl. (Verkehrsclub Deutschland e.V. 2019)). Das Image des Lastenfahrrads ist also durchaus positiv zu bewerten.

## Rechtliche Faktoren

In den Interviews hat sich gezeigt, dass die Nutzung elektrischer Lastenfahrräder mit einigen Unsicherheiten bezüglich Rechten und Vorschriften verbunden ist. Um diese Unsicherheiten aufzuheben werden im Folgenden die rechtlichen Faktoren zur Nutzung elektrischer Lastenfahrräder näher betrachtet. Pedelecs zählen rechtlich zu den herkömmlichen Fahrrädern. Aus diesem Grund gelten für diese ebenfalls sämtliche Vorschriften der StVO und der StVOZ für Fahrräder. Im Folgenden sind einige Vorschriften gesondert aufgeführt. Wie auch bei Fahrrädern besteht für Pedelecs keine Führerschein-, Helm-, Versicherungs- sowie Kennzeichnungspflicht. (de Leuw 2000; Gruber & Rudolph 2016) Für die Fahrbahnen gilt, dass Pedelecs gekennzeichnete Busspuren sowie Einbahnstraßen gegenläufig befahren dürfen. Sofern dies nicht durch gesonderte Beschilderung verboten ist, dürfen Fahrräder zudem am Fahrbahnrand abgestellt (geparkt) werden. Es gilt weiterhin, dass Gehwege auch im Fahrrad-Wirtschaftsverkehr nicht befahren werden dürfen (Gruber & Rudolph, 2016). Ein gesondertes Parkverbot für Fahrräder existiert nicht, sodass (Lasten-)Fahrräder zum Be- und Entladen sowie für eine längere Zeitspanne, unter der Voraussetzung, dass der Fußgängerverkehr nicht beeinträchtigt wird, abgestellt werden dürfen. Ähnliches gilt für Fußgängerzonen. Für den Lieferverkehr sowie den Radverkehr allgemein freigegebene Bereiche dürfen mit Pedelecs befahren werden. Hierbei sind zeitliche Einschränkungen der Freigabe zu berücksichtigen. (Gruber & Rudolph 2016) In Bezug auf Steuern und Subventionen gilt aktuell Folgendes. Für elektrische Lastenfahrräder existiert keine Steuerpflicht (vgl. (LeaseRad GmbH 2015)). Die gewerbliche Nutzung von (Lasten-)Fahrrädern ist zudem, aufgrund ihrer intensiven Nutzung, an spezifische Anforderungen bzgl. des Arbeitsschutzes gebunden. Im Fokus stehen dabei vornehmlich

- die Verkehrssicherheit,

- ▶ der sichere Umgang mit dem Fahrzeug,
- ▶ die Ladungssicherung,
- ▶ die Ergonomie des Lastenfahrads,
- ▶ die physische Verfassung der Fahrer sowie
- ▶ der Wetterschutz.

Diesen Faktoren ist bspw. durch Schulungen zur StVO oder zur Ladungssicherung nachzukommen. Weiterhin ist eine ausführliche Betriebseinweisung im Umgang mit einem elektrischen Lastenfahrzeug, z.B. durch Fahrtrainings sinnvoll. Dadurch können zum einen Unfälle vermieden werden und zum anderen unerfahrenen Fahrern die Hemmungen ein solches Fahrrad zu nutzen genommen werden. Vor dem Hintergrund der gesundheitsfördernden Aspekte des Lastenfahrads ist eine ergonomische Gestaltung des Lastenfahrads von großer Bedeutung. Es muss dabei so gestaltet und eingestellt werden, dass „durch die tägliche Nutzung keine gesundheitlichen Schäden der Beschäftigten entstehen“ (Behrensen 2018). Zudem ist darauf zu achten die Fahrer durch geeignete Bekleidung vor witterungsbedingten Einflüssen zu schützen.

#### *Weitere Faktoren*

Die zu Beginn festgelegten Zielerreichungsfaktoren wurden bereits ausführlich behandelt. Die Literaturrecherche hat zusätzlich noch weitere Aspekte hervorgebracht, die in diesen Zielerreichungsfaktoren keine Erwähnung finden. Durch ihre thematische Relevanz werden an dieser Stelle weiterführende Informationen behandelt. Im Folgenden werden ergänzend die Aspekte Wetterfaktor, Wartung und Infrastruktur, eine Potentialabschätzung des VCD sowie bereits bestehende Branchenlösungen für den Einsatz (elektrischer) Lastenfahräder betrachtet. Lastenfahräder, auch elektrisch angetriebene, können grundsätzlich bei jeder Wetterlage gefahren werden. Dabei sind die Fahrer dem Wetter direkter ausgesetzt als bei der Nutzung eines Pkw. Am Beispiel der Post zeigt sich jedoch, dass durch geeignete Schutzkleidung auch Regen oder Schnee keine Hindernisse für die Nutzung eines Lastenfahrads darstellen. Durch die bessere Standsicherheit eignen sich allerdings bei Schnee und Glätte mehrspurige Fahrräder besser als einspurige. Um unnötig hohe Kosten und Ausfallzeiten der Räder zu vermeiden sollten diese regelmäßig gewartet werden. Insbesondere Verschleißteile wie Reifen und Bremsbeläge sollten in regelmäßigen Intervallen bzw. nach einer festgelegten, gefahrenen Kilometeranzahl geprüft werden. Kleinere Reparaturen können dabei auch intern vorgenommen werden. Zur Gewährleistung der Sicherheit sollten bei größeren Reparaturen Werkstätte in Anspruch genommen werden. Weiterhin ist eine geeignete Infrastruktur inkl. sicherer Abstellmöglichkeiten eine Voraussetzung für einen flüssigen Betriebsablauf. Besonders bei elektrischen Lastenfahrädern sollte zum Schutz des Akkus eine Abstellmöglichkeit über 10°C vorhanden sein. Bei einer Potentialabschätzung des VCDs hat sich herausgestellt, dass sich das Potential von Lastenfahrädern vergrößert je kürzer die Strecken sind, je häufiger die Stopps und je ungünstiger die Fahrsituation für einen Pkw ist. Durch eine Anpassung der Bauform sind zudem Zuladungen bis zu 300 kg im Europaletten-Format möglich. Mobile Depots oder Mikro-Depots bieten ebenfalls Potentiale für das Lastenfahrzeug. Grund dafür ist, dass die Vorteile des Lastenfahrads durch die dadurch hervorgerufenen kurzen Entfernungen stärker genutzt und Nachteile durch die dezentrale Lagerung aufgehoben werden. Abhängig von den betrieblichen Rahmenbedingungen sind Lastenfahräder in der Lage einen Pkw vollständig zu ersetzen oder zumindest zum Mobilitätsmix beizutragen. Zum Abschluss dieses Kapitels werden Einsatzfelder, in denen elektrische Lastenfahräder bereits Anwendung finden, vorgestellt. Identifiziert wurden dabei die folgenden Einsatzmöglichkeiten (Behrensen 2019):

- ▶ Post- und Kurierbranche
- ▶ Liefersdienste
- ▶ Werksverkehre
- ▶ Dienstleistungen und Handwerk
- ▶ Mobile Verkaufs- und Werbestände

In der Kurier- und Postbranche finden Lastenfahräder schon seit Jahrzehnten Anwendung. Insbesondere die hohe Stoppdichte sowie das hohe Verkehrsaufkommen in Innenstädten begünstigen den Einsatz von Lastenfahrädern. Hinzu kommt das steigende Sendungsaufkommen im Paketsegment sowie Zustellkonzepte wie „Same Day Delivery“. Einige Beispiele für den Einsatz in dieser

Branche sind die sog. E-Trikes der Deutschen Post, seit 2013 in Betrieb, oder die Paketzustellung des Dienstleisters UPS in Hamburg und Köln mittels Pedelecs.

Das zweite Einsatzfeld sind Lieferdienste. Sowohl die Lieferung von fertigem Essen (bspw. Pizza-Lieferdienste) als auch die Lieferung von Einkäufen unterliegen einem anhaltenden Trend. Aufgrund des Verkehrsaufkommens in den Innenstädten sowie des steigenden Umweltbewusstseins nutzen bereits einige Lieferdienste Lastenfahrräder zur Auslieferung. In Berlin kommen die Räder bspw. bei dem Fischgroßhändler Deutsche See zum Einsatz. In Hamburg dagegen liefert der Lieferdienst city farming Bio-Lebensmittel per Lastenfahrrad aus. Auf großen Werksgeländen und bei Werksverkehren zwischen unterschiedlichen Standorten bietet sich der innerbetriebliche Einsatz von Lastenfahrrädern ebenfalls an. Der Landkreis Tübingen setzt bspw. für Botengänge ein elektrisches Lastenfahrrad mit Anhänger ein, während auf dem Werksgelände von Evonik im Chemiepark Marl Proben und Ersatzteile mittels Lastenfahrrad transportiert werden. Auch im Dienstleistungsverkehr werden Lastenfahrräder eingesetzt. Aufgrund der Möglichkeit die Lastaufnahme an die Transportbedürfnisse anzupassen und der bereits erwähnten Verkehrssituation in Städten findet das Lastenfahrrad auch hier ein sinnvolles Einsatzfeld. Als Beispiele können „die radelnden Installateure“ in Bremen oder der Raumausstatter und Maler von NaturWerk in Berlin aufgeführt werden. Als letztes Anwendungsgebiet hat der VCD mobile Verkaufsstände identifiziert. So werden bspw. auf Großveranstaltungen Getränke und Speisen häufig auf bzw. in Lastenfahrrädern angeboten. Die Flexibilität sowie die Werbefläche auf den Lastaufnahmeeinrichtungen sind dabei die ausschlaggebenden Faktoren für deren Einsatz in dem Bereich. (Behrens 2019)

### 6.3.5 Maßnahmenkatalog

Ob elektrische Lastenräder als Maßnahme für eine Urban Factory in Frage kommen ist, auf Basis der obigen Einfluss- und Potentialbewertung, abhängig vom Anwendungsfall. Als Entscheidungsunterstützung werden im Folgenden die Kernergebnisse zusammengefasst. Nach ausführlicher Betrachtung der Ergebnisse und der daraus gewonnenen Erkenntnisse konnten die folgenden hemmenden sowie fördernden Faktoren bei der Einführung bzw. Nutzung (elektrischer) Lastenfahrräder identifiziert werden.



Abbildung 6.3-60: Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz elektrischer Lastenräder

Bei den fördernden Faktoren stehen vor dem wirtschaftlichen Hintergrund vornehmlich die (potentiell, abhängig vom Einsatzfall) geringeren Kosten durch die Nutzung von (elektrischen) Lastenfahrrädern im Fokus. Als indirekte Einflussfaktoren seien die Schaffung neuer Arbeitsplätze sowie der gesundheitsfördernde Aspekt hervorgehoben. Wie der Anwendungsfall der PIA-Stiftung gezeigt hat, konnte durch das Lastenfahrrad einem Mitarbeiter ein neues Aufgabenfeld eröffnet werden, sodass dieser als zusätzlicher Fahrer eingesetzt werden kann. Insbesondere der innerbetriebliche Anwendungsfall am Dortmund Airport 21 hat gezeigt, dass die Mitarbeiterakzeptanz ein relevanter hemmender Faktor bei der Einführung von (elektrischen) Lastenfahrrädern sein kann. Hier gilt es eine



Lösung zur Motivation der Mitarbeiter zu finden. Weiterhin stellen die bereits bekannten Herausforderungen in Bezug auf die Reichweite und die Kapazität solcher Lastenfahrräder hemmende Faktoren dar. Die beiden Anwendungsfälle haben jedoch gezeigt, dass im innerstädtischen Verkehr die Reichweite kaum und die begrenzte Kapazität nur zweitrangig Hemmnisse darstellen. Trotz der geringen Kapazität war es bspw. möglich Aufträge der PIA-Stiftung zu bündeln und als Tour auszuliefern. Abgesehen davon können die Bauform sowie die Lastaufnahmeeinrichtung der Lastenfahrräder bei der Konstruktion an die Transportlasten angepasst werden. Es existieren bspw. Lastenfahrräder mit einer Zuladung von maximal 300 kg in Europaletten-Größe. Ein weiterer, häufig erwähnter Hemmfaktor ist die mangelnde Infrastruktur. Allem voran werden dabei die schlecht ausgebauten Radwege sowie die (teilweise) mangelnde Beschilderung angeführt. Lieferungen im Fahrrad-Wirtschaftsverkehr sind oft zeitkritisch (z.B. Kurierlieferungen), sodass gerade in diesen Fällen sicher befahrbare Wege Voraussetzung sind. Zudem stellen vor allem für kleinere, innerstädtische Unternehmen die Abstellmöglichkeiten der Lastenfahrräder eine Herausforderung dar. Im Weiteren werden aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen die vier Forschungsfragen beantwortet werden. Dazu werden sowohl die Ergebnisse der Primär- als auch die Ergebnisse der Sekundärdatenauswertung herangezogen.

#### *Welche Potentiale hat das elektrische Lastenfahrrad?*

Unter gewissen Voraussetzungen ist es möglich den Pkw teilweise durch ein elektrisches Lastenfahrrad zu ersetzen. Die Rahmenbedingungen fallen zugunsten des Lastenfahrrads aus je kürzer die Strecken, je kleiner die Sendungen und je höher die Stoppdichte sind. Weiterhin zeigt das Lastenfahrrad in Situationen, die hinderlich für den Pkw-Einsatz sind sein Potential. Allem voran sei dabei die Möglichkeit Fußgängerzonen nach der üblichen Lieferverkehrszeit zu nutzen anzuführen (sofern diese für den Radverkehr freigegeben sind). Da Lastenfahrräder gesetzlich mit herkömmlichen Fahrrädern gleichgestellt sind, entfallen bei diesen Führerschein-, Versicherungs- und Kennzeichnungspflicht. Neben dem Effekt der Kosteneinsparung ist die Möglichkeit auch ohne Führerschein als Fahrer im Wirtschaftsverkehr tätig werden zu können positiv zu bewerten. Außerdem kann durch den Wegfall der Parkplatzsuche eine Zeitersparnis erzielt werden. Vor dem Hintergrund das Lastenfahrrad grundsätzlich als Transportmittel und nicht als Ersatz für den Pkw zu etablieren, bringt das Lastenfahrrad große Potentiale bei der Zeiteinsparung mit sich. Dies zeigt der innerbetriebliche Anwendungsfall, in dem durch die Nutzung des Lastenfahrrads 67% der Zeit eingespart werden konnte. Zudem können durch den Einsatz eines elektrischen Lastenfahrrads Luftschadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Dies führt zu einer Entlastung des Luftraums in Innenstädten. Inwiefern die Potentiale des elektrischen Lastenfahrrads gewinnbringend eingebracht werden können, hängt von dem jeweiligen Unternehmen und den damit verbundenen Rahmenbedingungen (wie Mitarbeiterstruktur, Gutspektrum, Sendungsaufkommen etc.) ab.

#### *Ist das Lastenfahrrad eine wirtschaftliche Alternative zum Pkw/Kleintransporter?*

Der Kostenvergleich zwischen einem elektrischen Lastenfahrrad und einem Pkw hat gezeigt, dass das Lastenfahrrad 75% günstiger ist. Außerdem verursacht ein elektrisches Lastenfahrrad im Vergleich zum Pkw sehr viel weniger Emissionen. Auch wenn die Immissionen keinen direkten Einfluss auf ein Unternehmen haben, sind die geringeren Ausstöße trotzdem wirtschaftlich positiv zu bewerten. Insgesamt könnten durch die Nutzung von Lastenfahrrädern viel mehr Emissionen eingespart werden, wodurch es möglicherweise zu weniger gesundheitlichen Beeinträchtigungen bzw. Folgen für die Bevölkerung kommt. Somit würden in einem solchen Szenario weniger Mitarbeiter krankheitsbedingt ausfallen und dadurch weniger Verluste für das Unternehmen erzeugen. In diesem Zusammenhang tritt auch der gesundheitsfördernde Aspekt des Radfahrens in den Fokus. Davon abgesehen wurde deutlich, dass das Lastenfahrrad aufgrund der begrenzten Kapazität nicht die Mengen transportieren kann, die ein Pkw zuladen könnte. Das Sendungsaufkommen des Unternehmens ist daher ein wichtiger Faktor um die Wirtschaftlichkeit des Lastenfahrrads beurteilen zu können. Im Fall der PIA-Stiftung bspw. könnte das Lastenfahrrad in seiner derzeitigen Bauform den Pkw nicht vollständig ersetzen. Es entlastet aber bereits in der jetzigen Form die Pkw-Einsätze, sodass hierbei Potential nach oben besteht. Das positive Image der Lastenfahrräder kann ebenfalls ein treibender Faktor für die Wirtschaftlichkeit sein. Vor dem Hintergrund des gesteigerten Umweltbewusstseins der Bevölkerung könnte das „grüne Image“ der Lastenfahrräder die Konsumenten dazu bewegen verstärkt bei Unternehmen einzukaufen, die dieses Image vertreten.

### *Welche Grenzen ergeben sich im täglichen Gebrauch?*

Grenzen ergeben sich in erster Linie durch die Bauform des Lastenfahrrads. In den Anwendungsfällen stellte die begrenzte Kapazität der Transportboxen die größte Herausforderung dar. Abgesehen davon wurde die, im Vergleich zum Pkw, geringe Reichweite der Akkus bemängelt. Die Reichweite war jedoch sowohl im innerbetrieblichen als auch im außerbetrieblichen Anwendungsfall ausreichend groß, sodass sie in diesem Zusammenhang zweitrangig war. Eine weitere Grenze hat sich in Bezug auf die Mitarbeiter herausgestellt. Aufgrund der technischen Vorgaben ist nicht jeder Mitarbeiter körperlich befähigt das Lastenfahrrad zu fahren. Insbesondere im außerbetrieblichen Fall überschreiten viele Fahrer das maximal zulässige Gewicht von 100 kg, sodass diese nicht als Lastenfahrrad-Fahrer in Frage kommen. Auch gesundheitliche Einschränkungen wie bspw. Gelenkprobleme können ein Hindernis darstellen. Weniger eine Grenze aber vielmehr als eine Herausforderung kann der städtische Verkehr angeführt werden. Durch die subjektiv empfundene mangelnde Rücksichtnahme der Pkw-Fahrer auf Radfahrer wurden Unsicherheitsgefühle im Straßenverkehr betont. In Zusammenhang mit anfänglichen Schwierigkeiten beim Umgang mit (elektrischen) Lastenfahrrädern stellen die Unsicherheiten mögliche Gründe für die ermittelte geringe Fahrbereitschaft der Mitarbeiter dar.

### *Welche Güter eignen sich für den Transport?*

Grundsätzlich eignen sich sämtliche Güter, deren Gewicht und Volumen die technischen Vorgaben nicht überschreiten für den Transport mit einem (elektrischen) Lastenfahrrad. In den Anwendungsfällen stellten die Flugzeugersatzteile sowie das Volumen der Lebensmittellieferungen Grenzen dar. Durch eine veränderte Bauform des Lastenfahrrads, wie das bereits erwähnte mehrspurige Hinterlader-Modell, könnte das Gutspektrum erweitert werden. Ein Ersatzrad für Flugzeuge wird zwar weiterhin nicht mit dem Lastenfahrrad zu transportieren sein, dafür stehen dem Unternehmen jedoch nach wie vor andere Transportmittel zur Verfügung. Hinsichtlich temperaturempfindlicher Güter zeigten sich ebenfalls keine Einschränkungen bezüglich der Lebensmittelhygienevorschriften. Unter zu Hilfenahme spezieller Transportbehälter sind solche Güter ebenso gut mit dem Lastenfahrrad zu transportieren wie mit dem Pkw. Zum Schutz vor witterungsbedingten Einflüssen empfiehlt sich allerdings eine geschlossene Transportbox. Dies wurde im innerbetrieblichen Anwendungsfall deutlich, bei dem überwiegend Papeterie transportiert wird.

### **6.3.6 SOLL Zustand**

Im Rahmen der Anwendungsfälle des Modellversuchs ist der Einsatz des elektrischen Lastenfahrrads auf einige Hindernisse und Probleme gestoßen. Dabei spielen die identifizierten Hemmfaktoren (vgl. Abbildung 6.3-4) eine entscheidende Rolle. Im Folgenden sollen einige Lösungsmöglichkeiten bzw. Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden. In allen drei Einsatzfällen wurde die Bedeutung der Mitarbeiterakzeptanz deutlich. Im Fall des Dortmund Airports 21 führte die mangelnde Akzeptanz sogar zu einem Abbruch des Versuchs. Dabei liegt das Problem weniger an der Akzeptanz des elektrischen Lastenfahrrads als Transportmittel, sondern vielmehr an der Bereitschaft dieses auch selbst zu fahren. Im Vordergrund stehen dabei zum einen der Unwille die gewohnten Arbeitsabläufe aufzubrechen und zum anderen die geringe Fahrradaffinität der Mitarbeiter im persönlichen Umfeld. Auch die anfänglichen Startschwierigkeiten können ein Hemmnis darstellen. Um diesen vorzubeugen könnten gesonderte Schulungen und Fahrtrainings angeboten werden. Weiterhin wäre eine Möglichkeit den Mitarbeitern auf Messen oder in entsprechenden Fachgeschäften die unterschiedlichen Bauformen der Lastenfahrräder vorzustellen, sodass diese ein Verständnis für elektrische Lastenfahrräder aufbauen können. Im speziellen Fall des Dortmund Airports 21 könnte man die Mitarbeiter u.U. in die Planung der Anschaffung mit einbeziehen um mögliche Unsicherheit vorsorglich auszuschließen. Auch wenn dieser in den Interviews bereits durch den Verantwortlichen ausgeschlossen wurde, könnte über eine Art Bonussystem ein Anreiz zur Nutzung geschaffen werden. Um ein geeignetes System ohne Ausgrenzungen zu finden müssten jedoch weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Wie bereits erwähnt, könnte der begrenzten Lastaufnahmekapazität durch eine Anpassung der Bauform entgegengewirkt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass größere Transportboxen häufig damit verbunden sind auf mehrspurige Rahmen zurückzugreifen. Diese fallen dann nicht

mehr unter die Pedelecs und werden somit fñhrerschein-, versicherungs- und kennzeichnungspflichtig. Im Fall der PIA-Stiftung könnte der Fahrer ein solches Lastenfahrrad nicht mehr nutzen. Unter den gegebenen Bedingungen könnte das Problem bei der Lebensmittellieferung durch eine Anpassung der Planung umgehen. Es wäre z.B. möglich die Mitarbeiter der Händler in die Planung mit einzubeziehen. Wenn diesen das Problem der begrenzten Kapazität bewusst ist und ihnen gezeigt wird welchen Umfang die Sendung maximal umfassen darf, könnten diese Angaben bereits telefonisch durchgegeben werden. Die Mitarbeiter der PIA-Stiftung könnten dann bei der Avisierung der Abholungen die Einsatzmöglichkeit des Lastenfahrrads einschätzen. Eine umfassendere Umstellung der Planung könnte eine Erhöhung der Vorlaufzeit sein. Auch dieser Aspekt müsste näher erforscht werden. Der Einsatz elektrischer Lastenfahrräder im städtischen Wirtschaftsverkehr ist besonders für die folgenden Einsatzfelder geeignet:

- ▶ KEP-Dienstleitungen und Tätigkeiten auf der letzten Meile,
- ▶ Handel und Gastronomie in Form von Lieferdiensten,
- ▶ Werksverkehre,
- ▶ Dienstleistungen und Handwerk,
- ▶ Mobile Verkaufs- und Werbestände sowie
- ▶ Transporttätigkeiten für Güter bis maximal 300 kg.

Der Anwendungsfall der PIA-Stiftung hat gezeigt, dass sich Medikamente besonders gut für den Transport mittels elektrischem Lastenfahrrad eignen. Vor diesem Hintergrund würden sich die Auslieferungsfahrten von Apotheken zur Nutzung eines (elektrischen) Lastenfahrrads anbieten. Aufgrund der Rahmenbedingungen solcher Auslieferungen, wie eine feste Kundenbasis, ein geringer Auslieferungsradius, ein Zustellfensterzeitfenster von zwei bis drei Stunden sowie die geringen Sendungsgrößen, könnte der Pkw vollständig durch ein (elektrisches) Lastenfahrrad ersetzt werden. Der Anwendungsfall der Wirtschaftsförderung Dortmund stellt die Möglichkeiten elektrischer Lastenfahrräder für innerstädtische Dienstleistungsfahrten eines Unternehmens zwischen unterschiedlichen Standorten dar. Da bei solchen Dienstfahrten bzw. Botengängen selten größere Mengen transportiert werden müssen als ein Lastenfahrrad fassen kann, ist ein vollständiger Ersatz des Pkw möglich. Aufgrund der Rahmenbedingungen des Dortmund Airport 21 wurde deutlich, dass auch der reine innerbetriebliche Verkehr, sog. Werksverkehr, Lastenfahrrad begünstigende Faktoren aufweist. In diesem speziellen Anwendungsfall eignen sich zwar lediglich 50% der Güter für den Transport mit einem elektrischen Lastenfahrrad. Diese 50% können dafür jedoch zuverlässig transportiert werden, sodass der Pkw zumindest teilweise ersetzt werden kann. Bezogen auf den städtischen Wirtschaftsverkehr im Allgemeinen kann das Lastenfahrrad jedoch einen Pkw nicht vollständig ersetzen. Es ist zwar möglich, dass das elektrische Lastenfahrrad gewinnbringend im städtischen Wirtschaftsverkehr eingesetzt werden kann. Damit es aber grundsätzlich für Unternehmen im städtischen Wirtschaftsverkehr funktionieren kann, müssen die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- ▶ Das Gutspektrum darf die technischen Rahmenbedingungen der Lastenfahrräder nicht überschreiten.
- ▶ Der Auslieferungsradius sollte innerstädtisch beschränkt sein. Andernfalls sind ein weiterer Akku bzw. ein Akku mit größerer Reichweite mitzuführen und u.U. längere Fahrzeiten in Kauf zu nehmen.
- ▶ Das Sendungsaufkommen darf nicht zu hoch sein, sodass die Bündelungseffekte der Lastenfahrräder die Anforderungen seitens des Aufkommens nicht übersteigen.
- ▶ Die Mitarbeiterakzeptanz kann für die Etablierung elektrischer Lastenfahrräder das entscheidende Kriterium sein.

Es kann festgehalten werden, dass sich der Einsatz eines elektrischen Lastenfahrrads unter Berücksichtigung der zuvor genannten Kriterien sowohl im inner- als auch im außerbetrieblichen, städtischen Wirtschaftsverkehr rentiert.

## 6.4 Pilotprojekt III: Siegen-Geisweid

### 6.4.1 Projektverlauf aus Unternehmenssicht

Das Vorhaben, in der Region Siegen industrielle Abwärme zur Gebäudeheizung und Stromerzeugung zu nutzen, startete bereits 2012. In den nördlichen Stadtteilen von Siegen sind zahlreiche energieintensive Industrie- und auch Schwerindustrieunternehmen angesiedelt. Mit der Auskoppelung von Wärme aus verschiedenen Abwärmequellen, deren Weiterleitung in mehrere Quartiere bzw. deren Verstromung sollte dort langfristig ein Wärmeverbundnetz entstehen (siehe Anhang B1.1).

Dafür wurde einleitend untersucht, wie urbane Fabriken als Wärmerezeuger in ein Wärmenetz eingebunden werden können, um einerseits eine hohe Versorgungssicherheit für die Abnehmer und andererseits sowohl technisch als auch wirtschaftlich optimale Betriebsverhältnisse zu erzielen. Die Bereitschaft und das Potential bei den urbanen Industrieunternehmen wurden in gezielter Ansprache mit Fragebögen individuell erkundet.

Unter den lokalen Industrieunternehmen stellte sich als aussichtsreichste Wärmequelle ein Teil der Abwärme der Deutschen Edelstahlwerke (DEW) in Siegen-Geisweid dar, die beim Schmelzen von Stahlschrott entsteht und über mehrere haushohe Kühltürme freigesetzt wird. Eine werksinterne Nutzung war mangels Bedarfs nicht umsetzbar, so dass eine Verteilung außerhalb der Fabrik im angrenzenden Quartier erwogen wurde. Mit dieser Wärmequelle sollte ein erster Abschnitt des Wärmeverbundnetzes im Ortsteil Siegen-Geisweid errichtet werden, um dieses anschließend nach und nach um weitere Wärmequellen und entsprechende Abnehmer zu erweitern. Mit der Nahwärme zur Beheizung von Gebäuden der öffentlichen Hand sowie Büro- und Geschäftsgebäuden sollte eine erhebliche Menge fossiler Energie eingespart und durch die Abwärme des Elektro-Lichtbogen-Ofens ersetzt werden.

Zur Vorbereitung des Projektes wurde auf Initiative der TMT in 2013 die Gesellschaft „Energie für Geisweid“ (EfG) gegründet, die mit ihren Gesellschaftern, bestehend aus Bürger-Energie-Genossenschaft, Banken, den städtischen Versorgungsbetrieben, der Industrie (TMT) und der DEW selbst als Wärmerezeuger die Voraussetzungen untersuchen und das Projekt hinsichtlich seiner technischen, wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Herausforderungen und Auswirkungen vorbereiten sollte. Alle Aktivitäten erfolgten im Rahmen eines unentgeltlichen Engagements.

In 2015 wurde die Arbeit der EfG durch die Kooperation mit dem Verbundforschungsvorhaben „Urban Factory“ um die wissenschaftliche Forschung ergänzt. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten nicht nur die Energieströme in Form von Abwärme zwischen urbaner Fabrik und umgebenen Quartieren untersucht werden, sondern allgemeiner der Austausch von Ressourcen, die Interaktionen sowie gemeinsame Planungs- und Logistikaspekte.

Zwischen den DEW als Fabrik in der Stadt und dem angrenzenden Quartier Siegen-Geisweid besteht eine 150-jährige Symbiose, denn die DEW stellen einen der großen Arbeitgeber der Region dar. Mit dem Herstellen und Verarbeiten von Stahl sind sie ein sehr energieintensives Unternehmen mit großem Abwärmeevolumen. Für das Verbundprojekt Urban Factory bot sich mit dieser Konstellation ein geeignetes Praxisbeispiel zur Begleitung durch die universitäre Forschung an. Erste Forschungsergebnisse sollten in die Projektentwicklung direkt mit einfließen. Praktische Erfahrungen wiederum sollten in die Forschungsaktivitäten eingebracht werden und sich z.B. in der Entwicklung der Web-Tools widerspiegeln.

### **Die Herausforderungen: Technisch – wirtschaftlich – politisch – gesellschaftlich**

#### *Technische Anforderungen*

Technische Herausforderungen bestanden zum einen bei der Wärmeauskopplung, zum anderen beim Wärmetransport. Das Temperaturniveau des Kühlwassers aus dem Abgasstrom des Elektro-Lichtbogen-Ofens reichte zunächst nicht aus, um eine Nahwärmeverversorgung zu speisen. Durch eine Modifikation des Kühlwasserkreislaufs könnte die Temperatur aber in ausreichendem Maß erhöht werden, ohne die Funktionen der Prozesse bei den DEW zu beeinflussen (Anhang B1.11) - eine Grundvoraussetzung der DEW für die Bereitschaft zur Wärmelieferung.

Der prozessbedingte, periodische Verlauf der Kühlwassertemperatur sowie Stillstandzeiten des Ofens mehrmals im Jahr würden keine Vollversorgung eines Nahwärmenetzes zulassen, sondern könnten lediglich eine Teilversorgung anbieten. Einerseits erfordert diese Teilversorgung bei den Abnehmern das Vorhalten der bereits vorhandenen Wärmeerzeuger. Andererseits würde bei einer Teilversorgung keine vollständige Abhängigkeit der Abnehmer von der Verfügbarkeit der Abwärme entstehen.

Topographische Herausforderungen bestanden in Form des Verlaufes einer Wärmetrasse zu den Universitätsgebäuden, die durch unwegsames Waldgelände 100 Höhenmeter zu überwinden hätte. Mit einer Leitungstrasse nahe der Erdoberfläche wären diese Herausforderungen dennoch technisch lösbar.

Einer der geplanten Ankerkunden für Nahwärme war das Kreisklinikum, welches zumindest zu einem Teil ein höheres Temperaturniveau benötigt, als das Wärmenetz liefern würde. Die dafür erforderlichen technischen Maßnahmen zur lokalen Temperaturerhöhung sowie deren Kosten konnten jedoch im Rahmen des Projektzeitraums nicht mehr weiter untersucht werden.

### *Wirtschaftliche Umsetzung*

Eine wirtschaftliche Umsetzung des Vorhabens gestaltete sich aus mehreren Gründen schwierig. Trotz der Bereitschaft der DEW, die Abwärme zumindest in der Anfangsphase des Projektes kostenfrei zur Verfügung zu stellen, würden die Wärmeauskopplung aus dem Stahlwerk und die aufwändige Trassenführung erhebliche Mehrkosten gegenüber vielen anderen Wärmenetzprojekten verursachen. Dem gegenüber steht ein niedriger Wärmeverkaufspreis, der sich zu jeder Zeit unterhalb des marktüblichen Erdgas- oder Heizölpreises positionieren müsste, um die Entscheidung bei den Abnehmern mit den bivalenten Heizungsanlagen (Nahwärme / fossiler Brennstoff) zugunsten der Nahwärme zu fördern.

Da die Preisentwicklung der fossilen Energieträger Heizöl und Erdgas in dem Zeitraum von 2012 bis 2017 zu deutlich niedrigeren Verbraucherpreisen mit Reduzierungen um 5-10% für Erdgas und bis zu 35% bei Heizöl geführt hat (siehe Anhang B1.9), mussten die zu Beginn des Projektes durchgeführten Kalkulationen für den Verkaufserlös der Wärme mehrfach angepasst werden. Im Sommer 2017 zeichnete sich ab, dass eine wirtschaftliche Realisierung des Projektes ohne die Gewährung öffentlicher Fördermittel zur Errichtung des Nahwärmenetzes nicht möglich ist.

Um ein öffentliches Förderprogramm in Anspruch nehmen zu können, wurden die technischen Entwicklungen und Auslegungen in mehreren Iterationen an die jeweiligen Voraussetzungen für die Förderprogramme angepasst. Hierbei gingen zum einen die technischen Erfüllungskriterien zu der Art der Wärmeerzeugung bzw. dem Mix der Wärmequellen in die Planungen ein, zum anderen die Qualität und die Auslegung der Rohrnetze, das Volumen der Pufferspeicher oder die Anzahl der Wärmeabnehmer (siehe Anhänge B1.2 – B1.8) für die unterschiedlichen Trassenentwürfe). Für die verschiedenen Varianten wurden zahlreiche wirtschaftliche Alternativen kalkuliert, u.a. mit unterschiedlichen Ansätzen für die Eigentumsverhältnisse der Hausübergabestationen (Netzbetreiber / Abnehmer). Ergänzend wurden Preisszenarien erstellt, die statt einer Teilversorgung mit Nahwärme eine Vollversorgung mittels zusätzlicher Wärmequellen annahmen. Hierzu wäre als ein technischer Ansatz die Nutzung der vorhandenen Gaskessel in der universitären Heizzentrale denkbar gewesen. Im Rahmen weiterer Untersuchungen traten aber rechtliche Hürden zutage, die eine Nutzung der Gaskessel durch einen externen Betreiber nicht erlauben würden. Gleiches gilt für die Einbindung der großen Pufferspeicher, die in den Universitätsgebäuden vorhanden sind, da die Universität nicht als Energieversorger agieren kann.

Auch die Entwicklung des Abnahmepotentials über die Projektlaufzeit wirkte sich nachhaltig auf die ursprünglich geplanten Netzvarianten aus. So werden zwei der drei universitären Gebäudekomplexe auf dem Haardter Berg in Siegen-Weidenau im Rahmen der strategischen Neuausrichtung dieses Ankerkunden mittelfristig aus der Nutzung genommen und damit nicht mehr Teil des geplanten Wärmenetzes werden. Eine weitere Reduzierung des Wärmebedarfs wird durch die umfangreiche Sanierung des verbleibenden Universitätscampus entstehen. Um diese Bedarfsreduzierungen auszugleichen, wurden im weiteren Projektverlauf dann die gleichzeitige Errichtung der beiden Trassenabschnitte Siegen-Geisweid und Haardter Berg geplant und entwickelt.



Mit den für Industrieunternehmen wie TMT verfügbaren öffentlichen Förderprogrammen von Bund oder Land NRW ergaben die Kalkulationen zur Wirtschaftlichkeit im Jahr 2016 Amortisierungsperioden von nahezu 20 Jahren. Ein solches Investment war für die Bürger-Energie-Genossenschaft, deren Mitglieder eine Renditeerwartung nach ca. 5 Jahren haben, und auch die Versorgungsbetriebe als EfG-Gesellschafter nicht attraktiv, die ROI-Periode unangemessen lang. Insbesondere in 2017 zeichnete sich damit ab, dass die Realisierung eines Wärmenetzes zunehmend in Frage gestellt wurde.

Erst mit der Bewilligung einer Förderung des Bundesministeriums für Umwelt Mitte 2017 in Höhe von 90% der Investitionskosten (Anhang B1.12) als nicht rückzahlbarer Zuschuss konnten die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sehr viel attraktiver gestaltet werden. Die Amortisierungsperiode hätte sich damit auf maximal drei Jahre verkürzt. Da es sich bei der Fördermaßnahme um ein Programm zur Förderung kommunaler Klimaschutz-Modellprojekte handelte, musste die Stadt Siegen als Antragsteller und Begünstigter die Leitung des Projektes von der EfG übernehmen.

### *Politische Herausforderungen*

Nach Bekanntwerden der Bewilligung einer staatlichen Förderung waren Zielsetzung und Engagement der politischen Akteure der Stadt Siegen wie Verwaltungsleitung, Stadtrat, Arbeitskreis und Klimaschutzmanager durchaus unterschiedlich ausgeprägt, so dass die Stadtverwaltung als Gesamtheit zumindest während der ersten neun Monate nach dem Bewilligungsbescheid zu keinem gemeinsamen Ergebnis über die Umsetzung des Nahwärmeprojektes gelangen konnte.

Die EfG unterstützte die städtischen Gremien während dieser Phase weiterhin auf kostenfreier Basis. TMT überarbeitete und aktualisierte die Trassenplanungen, Wärmebedarfe, Kostenkalkulationen und Zeitpläne. Die DEW sicherten schriftlich die kostenfreie Lieferung der Abwärme zu. Die beteiligten Banken stellten die Finanzierung des Restbetrages in Aussicht.

Auch ein von der Stadt Siegen beauftragtes externes Beratungsunternehmens mit Erfahrung in Errichtung und Betrieb von Wärmenetzen konnte die Zweifel der politischen Akteure nicht ausräumen. Insbesondere kartellrechtliche und beihilferechtliche Fragen, die Risiken der Restfinanzierung und vor allem die fehlende Garantie der DEW über die Lieferung der Abwärme über zumindest 25-30 Jahre führten zu einem weiteren Aufschub einer Entscheidung der Stadtverwaltung. Die Qualität der Vorplanung durch die EfG hinsichtlich technischer und wirtschaftlicher Details konnte durch die Berater bestätigt werden.

Damit waren die zeitlichen Rahmenbedingungen des Fördergebers zur Umsetzung des Projektes für die Stadt Siegen nicht mehr einzuhalten, und der Bewilligungsbescheid wurde im April 2018 zurückgegeben. Weiterhin anhaltende Bedenken zu einer wirtschaftlich und rechtlich vertretbaren Umsetzung des Nahwärmenetzprojektes haben die Stadt Siegen im Juli 2018 veranlasst, auch einen Folgeantrag auf Förderung mit aktualisiertem Zeitplan zurückzuziehen und das Projekt endgültig aufzugeben.

Die EfG hat für sich im Juli 2018 die Fortführung der Bemühungen zur Umsetzung des Vorhabens entschieden. Die Gesellschaft wird weiter bestehen bleiben und versuchen interessierte Unternehmen der Fernwärmebranche als Partner zu gewinnen. Alternative oder mittlerweile neu aufgelegte Förderprogramme (Wärmenetze 4.0, EnergySystemWandel.NRW) sollen auf mögliche Anwendung geprüft werden. Bis zum Zeitpunkt des Berichtes liegt allerdings noch keine Zusage eines Energieversorgers vor.

### *Öffentliche Wahrnehmung*

In der Öffentlichkeit fand das geplante Vorhaben einer klimaschützenden Abwärmenutzung von Beginn an ein positives Echo. Die erste Informationsveranstaltung in 2013 war mit einem großen Anteil der eingeladenen potentiellen Wärmeabnehmer bereits gut besucht, eine Folgeveranstaltung 2015 vor Ort bei den DEW stieß gleichermaßen auf breites Interesse. Im Anschluss wurden eine Reportage des Lokalfernsehens WDR Siegen sowie ein Fernsehinterview mit dem Geschäftsführer der EfG gesendet.

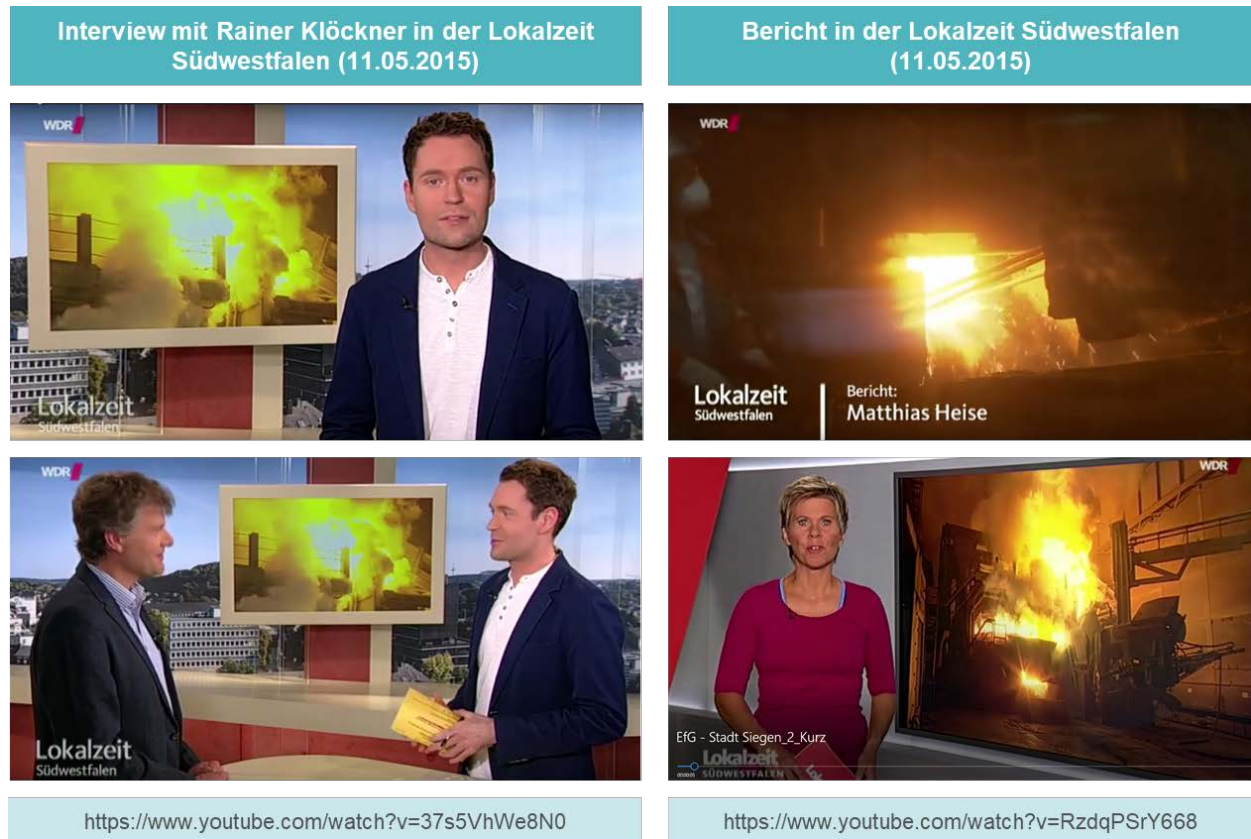


Abbildung 6.4-61: Fernsehbeiträge Energie für Geisweid

Die Mitteilung der TMT über die Einbindung in das Verbundforschungsprojekt Urban Factory fand ebenfalls Verbreitung in der regionalen Presse (Siegener Zeitung vom 14.01.2016, siehe Abbildung 6.4-2).

# Forscher und Firmen wollen Quartier einheizen

**SIEGEN** „Urban-Factory“ entwickelt Werkzeugkasten und Wissensplattform für die vernetzte Fabrik mitten in der Stadt / Projekt „Energie für Geisweid“ im Fokus

*Der Bund fördert das Forschungsvorhaben mit 1,2 Mill. Euro.*

sz/ch ■ Eine Gesamteinsparung von 35 Prozent an Energie- und Ressourceneinsatz wollen die Entwickler des heimischen Industrieunternehmens TMT Tapping Measuring Technology GmbH zusammen mit Wissenschaftlern der Technischen Universität Braunschweig und Dormund sowie der Universität Duisburg-Essen durch die Vernetzung von Produktionsstätten mit ihrem städtischen Umfeld erreichen. Die dafür notwendigen Technologien und Methoden erforschen und entwickelt das Gemeinschaftsunternehmen der Sieger Firmen Dango & Dienenthal und Paul Wurth mit den Kooperationspartnern in den kommenden drei Jahren im Rahmen des vom Bund mit rund 1,2 Mill. Euro geförderten Verbundprojektes „Urban-Factory“.

„Fabriken und produzierendes Gewerbe haben einen Platz in der Stadt der Zukunft, wenn sie mithilfe geeigneter Werkzeuge und Vernetzung mit dem umliegenden Stadtgebiet zur Energie- und Ressourceneinsparung beitragen“, erläutern Arno Dienenthal, TMT-Geschäftsführer. Das Verbundvorhaben, so beschreibt Dienenthal, wolle aus beiden Richtungen einen Blick über den Werkzaun werfen und einen konstruktiven Dialog zwischen Stadt und Industrie ermöglichen.

Dafür gehen die Projektpartner einen Schritt weiter als klassische Effizienzinitiativen, die den Fokus ausschließlich auf konventionelle Energieträger wie Strom oder die Reduktion des Materialeinsatzes in der Produktion legen. „Im Sinne eines erweiterten Ressourcenbegriffs sollen mithilfe unserer Werkzeuge Verbrauchssenkungen von allen in der Stadt maßgebenden Ressourcen, wie Strom, Wärme, Treibstoff, bis hin zur Arbeitskraft oder der Nutzfläche möglich sein“, erklärt der Dipl.-Ingenieur. Er ergänzt: „Nicht nur die Fabrik profitiert dann von der Stadtnähe, sondern auch die Stadtgesellschaft von der Fabrik, die das Stadtquartier beispielsweise mit überschüssiger Wärmeenergie versorgen könnte.“ Anhand von Modellvorhaben entwickeln die Verbund-



Ein Kernprojekt unter Forscher-Lupe: Die im Geisweider Werk der Deutschen Edelstahlwerke anfallende Restenergie soll emissionsfrei und ohne eine Belastung der Atmosphäre zur Raumheizung von ca. 500 Eigenheimen genutzt werden.

Foto: Archiv

partner eine Wissensplattform zur Energie- und Ressourceneffizienz von Industrie und Produktion in der Stadt. Dafür untersucht das interdisziplinäre Forschungsteam einzelne Modellvorhaben von Fabriken in städtischen Räumen und analysiert

ausgewählte Fabriken und Stadstrukturen. Insbesondere soll die als „Energie für Geisweid“ gestartete Initiative zur Nutzung von Restwärme aus dem Elektrolichtbogenofen der Deutschen Edelstahlwerke in Geisweid zur Beheizung von privaten

und öffentlichen Gebäuden analysiert und schnellstmöglich vorangetrieben werden. Die im Schmelzprozess anfallende Restenergie könne emissionsfrei und ohne eine Belastung der Atmosphäre zur Raumheizung von ca. 500 Eigenheimen genutzt

werden und spart neben Heizöl oder Erdgas eine CO<sub>2</sub>-Menge von 1800 Tonnen pro Jahr. „Die Ergebnisse können anschließend auf weitere Projekte übertragen werden und sind damit für bestehende Fabriken wie auch für zukünftige Projekte nutzbar“, so Arno Dienenthal.

Die Idee der Initiative, geboren um die Jahrtausendwende in einer kleinen Arbeitsgruppe mit Akteuren aus der Wirtschaft und der Stadtverwaltung, reift schon länger. Sie wurde bereits im vergangenen Jahr – vor dem Projektstart von „Urban-Factory“ – u.a. von den Deutschen Edelstahlwerken als Mit-Gesellschafter der Initiative vorangetrieben. „Energieeffiziente und umweltschonende Fertigungsprozesse sind schon seit Jahren fester Bestandteil unserer Unternehmensziele. Wir freuen uns, mit dem Projekt nun noch einen Schritt weiter gehen zu können und zu einer gleichermaßen ökonomischen wie ökologischen Energieversorgung der Region beitragen können“, sagte Jürgen Alex, Geschäftsführer der Deutschen Edelstahlwerke, im Mai 2015.

Bereits seit dem Jahr 2014 wird auf dem Gelände des Langproduktionssektors eine Holzschicht-Trocknungsanlage mit einer Trockenleistung von 250 Kilowatt mit Abwärme aus den Produktionsbereichen betrieben. Die Resonanz auf das energieeffiziente Trocknungsverfahren sei außerordentlich hoch ausgefallen. Grund genug für die Initiatoren des Vorhabens, die nächste Projektstufe mit der Nutzung der heißen Abgase des Elektrolichtbogenofens im Stahlwerk als Hauptabwärmquelle zu forcieren.

Mit dieser Wärme könne zukünftig konkret etwa die Uni Siegen versorgt werden. Allerdings ist man noch mit der Planung möglicher Trassenvarianten beschäftigt, wie TMT-Mitarbeiter Volker Langer der SZ berichtet. Ein möglicher Trassenverlauf führt auf den Haardter Berg zu den drei Gebäuden der heimischen Hochschule. Hier sei der Anschluss von Wohnblöcken ebenfalls möglich. Ein nächster Schritt sei eine Trasse zum Kreisklinikum. Im Geisweider Zentrum bestünde hingegen die Schwierigkeit, eine Leitung unter der Bahnstrecke zu verlegen. Ein alter Versorgungskanal des abgerissenen Stahlwerks-Hochhauses könne hier jedoch Abhilfe leisten.

## Das Verbundprojekt

„Urban-Factory – Ressourceneffiziente Fabriken in der Stadt“. Unter diesem Titel wird offiziell bereits seit dem 1. September 2015 gearbeitet und geforscht, bis Ende August 2018 wird das Projekt im Rahmen des Förderkonzeptes „Energieeffiziente Stadt“ mit einer Gesamtsumme

von rund 1,2 Mill. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Unter Koordination der Technischen Universität Braunschweig arbeiten die Sieger Firma TMT als Anbieter kompletter Lösungen zur Wärmerückgewinnung und Wärmeverteilung in

Nah- und Fernwärmenetzen sowie weitere Insätze aus Dormund, Duisburg und Essen an dem Forschungsvorhaben. Dabei wird TMT künftig verstärkt den Schwerpunkt auf umweltschonende Nutzung industrieller Restwärme für das Beheizen von Gebäuden legen.

Abbildung 6.4-62: Pressestimme zum Pilotprojekt "Energie für Geisweid"

Während der technischen Vorplanung und der Wirtschaftlichkeitsanalysen waren die Informationen an die breite Öffentlichkeit zurückgehalten worden, um die Erwartungen privater Interessenten für einen kurzfristigen Anschluss an das Nahwärmenetz nicht zu hoch zu setzen. Stattdessen wurden die Kontakte zu potentiellen Ankerkunden gesucht. Gespräche mit der Universität Siegen, einer großen Anzahl der Eigentümer der Mehrfamilienhäuser sowie den Zuständigen der städtischen Gebäude ergaben sowohl ein Bild zur Interessenslage der möglichen Abnehmer als auch erste Größenabschätzungen zum Wärmebedarf. Parallel dazu erfolgte eine Lobbyarbeit bei den politischen Fraktionen des Stadtrates sowie über persönliche Gespräche der Geschäftsleitung von TMT und EfG bei der Stadtverwaltung und den städtischen Versorgungsbetrieben.

Über die Entscheidung der Stadt Siegen, das Wärmeprojekt trotz weitreichender Förderung nicht weiter zu verfolgen, wurde am 04.07.2018 ebenfalls in der Lokalzeit Südwestfalen berichtet.

Bei allen Überlegungen zur Auskopplung und Nutzung der industriellen Abwärme stellte die Verfügbarkeit eine wichtige Voraussetzung dar. Dies bezog sich nicht nur auf die kurzzeitige Kontinuität, sondern viel mehr auf die langfristige Verfügbarkeit. Investitionen in Nahwärmeinfrastrukturen werden über einen Zeitraum von 20-30 Jahren kalkuliert und abgeschrieben. Daher war es wichtig zu klären, ob die industrielle Abwärme über diesen Zeitraum verfügbar sein würde. Im Fall der DEW, einem Industrieunternehmen aus der stark unter wirtschaftlichen Druck arbeitenden Stahlbranche, zog sich diese Frage von Beginn an als roter Faden durch alle kritisch geführten Überlegungen und Diskussionen. Dass die DEW bzw. deren Vorgängerunternehmen bereits seit 150 Jahren am Standort in Siegen-Geisweid produzieren, bot leider keine Versorgungsgarantie für die Zukunft. Der maximale Planungshorizont beträgt rollierend fünf Jahre, der Planung der DEW entsprechend. Eine



Kompensation der möglicherweise ausfallenden Wärmequelle würde technisch zwar möglich sein, aber in jedem Fall zusätzliche Investitionen erfordern.

### Interaktionen der Akteure: Kommunikation – Kooperation

Um der Idee zur Nutzung der industriellen Abwärme in einem Nahwärmenetz in Siegen eine breite Akzeptanz und Basis zu schaffen, wurde die Gesellschaft „Energie für Geisweid GmbH“ (EfG) gegründet. Als Gesellschafter sollten alle jene relevanten Akteure vertreten sein, die für die Vorbereitungen, die Errichtung und den Betrieb von Wärmeauskopplung und Wärmenetz erforderlich wären.

Die Edelstahlwerke (DEW) beteiligten sich an der EfG als Wärmelieferant, um neben den Klimaschutzaspekten auch eine Verbesserung ihrer Wahrnehmung in der Öffentlichkeit zu verfolgen. Die Bürger-Energie-Genossenschaft Südwestfalen (BEG), die aus Bürgern mit Interesse am Klimaschutz und regenerativen Energien besteht, strebte die Beteiligung an der Finanzierung in Form von Bürgereinlagen an. Verbleibende Finanzierungslücken sollten durch die örtlichen Banken (Siegerland Fond der Sparkasse und Volksbank Siegerland) geschlossen werden. Beide Bankenunternehmen setzen lokale Schwerpunkte in ihren Investitionen. Das technische Knowhow für die Planung sollte die TMT bereitstellen, die im Rahmen eines lokalen Referenzprojekts auch die Lieferung der technischen Komponenten und die Betreiberfunktion übernehmen sollte. Die Stadt Siegen sollte im Rahmen ihres Klimaschutzpolitischen Engagements ebenfalls beteiligt werden, musste diese Beteiligung aus kommunalrechtlichen Gründen aber einem kommunalen Betrieb, den städtischen Versorgungsbetrieben (SVB), übertragen. Mit deren Beteiligung würde zudem das Knowhow zu den Versorgungsleitungen und die Einrichtungen zur kommerziellen Betreuung der Wärmeabnehmer eingebracht werden.

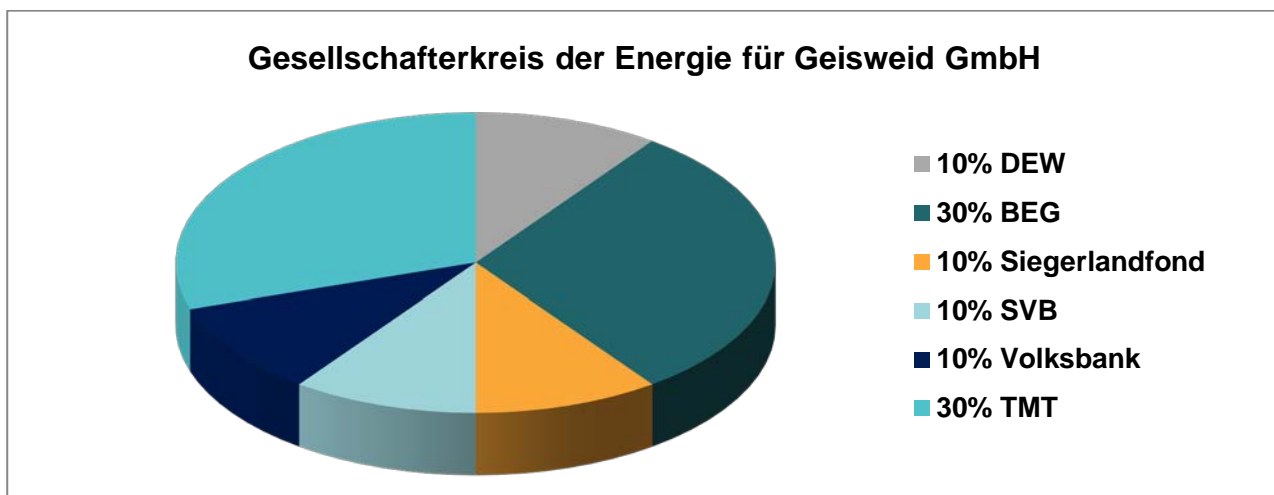


Abbildung 6.4-63: Gesellschafterkreis der Energie für Geisweid GmbH

Mit der Vereinbarung, auf jeweils eigene Kosten die Grundlagen für eine Nahwärmeversorgung zu erarbeiten, konnte die Vorplanung zu den technischen und wirtschaftlichen Aspekten erfolgen. Durch das Benennen zuständiger Vertreter für jeden Gesellschafter wurde eine erfolgreiche Kommunikation etabliert. Im Rahmen der Entwicklung einer geeigneten Wärmeauskopplung und Bereitstellung durch die DEW war die Kooperation zwischen DEW und TMT sehr intensiv. Die Finanzierungsmöglichkeiten wurden während regelmäßiger Treffen zwischen allen Gesellschaftern erörtert. Für den Förderantrag der Stadt Siegen bestand eine enge Kooperation zwischen dem Klimaschutzmanager der Stadt Siegen und TMT.

Alle Partner der universitären Forschungseinrichtungen nutzten durch intensive Kooperationen mit TMT das geplante Nahwärmenetz als Praxisbezug für viele theoretische Ansätze. Mit dem Institut für Stadtplanung u. Städtebau ISS der Universität Duisburg-Essen wurden insbesondere Verfahren und Ergebnisse zur Ermittlung der Wärmebedarfe im Quartier ausgetauscht. Während die Bedarfsplanung von TMT anhand von wenigen Ankerkunden in direkter Ansprache durchgeführt wurde, um eine einfache Wärmenetzstruktur mit möglichst großen Wärmebedarfen zu realisieren, basierte der Analyseansatz des ISS auf der flächenmäßigen Klassifizierung von Gebäuden, der statistischen Er-

mittlung von Wärmebedarfen und der Ermittlung von Hot-Spots für die optimale Auslegung der Wärmetrasse. Beide Verfahren können miteinander kombiniert werden und liefern dann gute Ergebnisse insbesondere unter dem Aspekt einer späteren Verdichtung der Anschlüsse an das Wärmenetz.

Mit dem Institut für Transportlogistik ITL der Technischen Universität Dortmund wurden Szenarien zur Elektromobilität untersucht, die in Kombination mit der Erzeugung elektrischen Stroms aus der Abwärme umgesetzt werden könnten. Dazu wurden Themen wie E-Cars für das Universitätspersonal als auch E-Bikes für die Studierenden behandelt. Das Konzept eines testweisen Einsatzes eines Elektrofahrzeugs zwischen den TMT-Standorten Siegen und Haiger im Pendelverkehr konnte mangels praktischen Bedarfs nicht realisiert werden.

Die Kooperation mit dem Institut für Industriebau und Konstruktives Entwerfen (IIKE) der Technischen Universität Braunschweig bezog sich auf die grundlegende Konzeption des Wärmeverbundnetzes und deren weitere Entwicklungsmöglichkeiten, die Schnittstellen der urbanen Fabrik mit den umliegenden Quartieren und die Partizipation der relevanten Akteure.

Mit der Kooperation zwischen den Universitäten und der Stadt Siegen konnten die Institute Einblicke in die Planungen zu Verkehr und Klimaschutz der Stadtverwaltung in Siegen gewinnen. In der Zusammenarbeit mit den DEW wurden detaillierte Informationen über einen konkreten urbanen Fabrikstandort und die Motivation der DEW zur Bereitstellung der Abwärme ausgetauscht.

Die Kommunikation und die Kooperation mit den Siegener Versorgungsbetrieben (SVB) war durch Vorbehalte belastet, da die SVB eine Wettbewerbssituation durch das Nahwärmenetz befürchteten, bei der sie einen Rückgang der Geschäfte mit der Erdgasversorgung erleiden. Während alle anderen Gesellschafter der EfG positive Aspekte für den Klimaschutz, die Region und auch sich selbst sahen, konnten oder wollten die SVB eine Nahwärmeversorgung nicht als neues Produkt ihres Energieangebotes verstehen und die umweltrelevanten Vorteile nutzen.

### **Validierung der DEW als urbane Fabrik zur Nahwärmeversorgung**

Für eine erfolgreiche werkzaunübergreifende Interaktion zwischen urbaner Fabrik und umliegenden Quartieren in Form einer Nahwärmeversorgung haben die DEW und TMT eine Vielzahl von technischen und wirtschaftlichen Analysen durchgeführt. Dabei wurden Aspekte der Wärmeauskopplung aus dem Produktionsprozess, des Wärmetransports auf dem Werksgelände sowie der Investitions- und der laufenden Kosten untersucht.

Bei der Produktion von ca. 2.500 Tonnen flüssigen Stahls pro Tag bei den DEW am Standort Siegen-Geisweid entsteht zwangsläufig eine große Menge Abwärme, die bisher über Kühltürme an die Umgebungsluft abgegeben wurde. Untersuchungen der DEW haben ergeben, dass neben den bereits installierten Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung insbesondere die Abwärme aus dem Kühlwasser der Rauchgaskühlung des E-Ofens ein Potential aufweist, welches intern nicht weiter genutzt werden kann. Mit einer Spitzenleistung von mehreren Megawatt wäre die Wärme dieses Kühlwassers geeignet, Gebäude außerhalb des Betriebsgeländes mit Nahwärme zu versorgen.

Das Interesse und die Bereitschaft der DEW für das Projekt einer Nahwärmeversorgung der umliegenden Quartiere war von Beginn an sehr groß. Neben dem Beitritt als Gesellschafter zur „Energie für Geisweid GmbH“ und dem unentgeltlichen Engagement während der gesamten Projektlaufzeit bestand bereits zu einem frühen Zeitpunkt die Zusage, zumindest für die ersten fünf Jahre die Abwärme kostenfrei zu liefern. Die Motivation der DEW gründet sich sowohl auf Aspekte des Umweltschutzes als auch auf die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit.

Prozessbedingt unterliegt die Abwärmemenge periodischen Schwankungen in Abhängigkeit des zyklischen Schmelzvorgangs von Chargen mit Stahlschrott. Durch Messungen und Auswertungen wurden sowohl das Temperaturniveau als auch die Wärmeleistung ermittelt. Da das maximale Temperaturniveau von ca. 55°C für die Versorgung von zum größten Teil älteren Bestandsgebäuden nicht ausreichend wäre, wurde eine Modifizierung des Kühlkreislaufes entwickelt, die ein maximales Temperaturniveau von 85°C bereitstellen würde, ohne negativ auf den Produktionsprozess einzuwirken.

Hinsichtlich der Verfügbarkeit der Abwärme waren Einschränkungen zu beachten. Die periodischen Schwankungen mit Spitzen jeweils alle 70 bis 90 Minuten erfordern das Puffern der Wärme, um eine



gleichmäßige Versorgung des Wärmenetzes zu gewährleisten. Darüber hinaus waren Unterbrechungen der Wärmelieferung während der Ofenrevisionen von ca. 2-3 Wochen im Jahr zu beachten, zum Teil während der Heizperiode (Weihnachtsferien). Letztere haben zu der Entscheidung geführt, die Nahwärme lediglich als Teilversorgung zu planen, die durch die jeweiligen Bestandsheizungen der angeschlossenen Gebäude ergänzt werden müsste.

TMT entwickelte mit den DEW eine geeignete Auskopplung der Abwärme in einen Sekundärkreislauf und bestimmte die notwendigen Regel- und Steuerungskomponenten. Gemeinsam erarbeitete man Routen zur Verlegung der Leitungstrassen, die auf dem Betriebsgelände nur in sehr eng vorgegebenen Grenzen verlaufen können, sowie die Position der Heizzentrale einschließlich der Pufferspeicher. Für die Heizzentrale waren mehrere Konzepte notwendig, um unterschiedliche Planungsvarianten von Nahwärmenetzen anschließen zu können. Für das Be- und Entladen der Pufferspeicher wurden geeignete Regelkreise entwickelt, um eine Glättung der periodischen Verfügbarkeit der Abwärme zu erreichen. Im Hinblick auf die möglichen Anbindungen an die Wärmenetze in den Quartieren wurden geeignete Übergabepunkte untersucht und definiert.

Im Verlauf des Projektes mussten verschiedene rechtliche Aspekte berücksichtigt werden wie z.B. eine mögliche Verpflichtung der DEW zur Wärmelieferung, Eigentumsgrenzen der zu installierenden Anlagenteile, Miete von anteiligen Betriebsflächen mitsamt den Zugangsberechtigungen hierzu sowie Regelungen für den Ausfall der Wärmelieferung.

Die kalkulierten Investitionskosten für die Wärmeauskopplung und die Leitungstrassen auf dem Betriebsgelände flossen vollumfänglich in die Wirtschaftlichkeitsanalysen der EfG als Betreiber des Wärmenetzes mit ein. Für die DEW waren keine Investitionen vorgesehen. Die laufenden Kosten für den Betrieb, Wartung und Unterhalt sowie Rückstellungen für Reparaturen wurden untersucht und kalkuliert und ebenfalls in der Wirtschaftlichkeitsanalyse berücksichtigt. Mit der Übernahme all dieser Kosten durch die EfG wurden etwaige Hemmnisse wegen kurzfristiger Abschreibungszeiträume für die DEW als Industrieunternehmen beseitigt.

In der Frage der Langzeitverfügbarkeit der Abwärme ist die Geschäftsführung der DEW dem Projektvorhaben mit einer schriftlichen Zusage über die Lieferung über 5 Jahre so weit wie möglich entgegengekommen. Darüber hinaus bestand zu jeder Zeit die Bereitschaft der DEW, weitere Abwärmequellen auf dem Betriebsgelände zu analysieren und ggfs. in die Nahwärmeversorgung mit einzubeziehen. Dies wurde aus Gründen des geplanten Projektrahmens aber zurückgestellt.

### **Validierungen der Quartiere als potentielle Wärmeabnehmer**

Durch die geographische Lage der DEW am Ortsrand des Stadtteils Siegen-Geisweid ergibt sich eine enge räumliche Nähe zum unmittelbar angrenzenden Ortskern. Die Trennung durch eine Bundesstraße und eine Bahnlinie verursachte dennoch eingehende Untersuchungen, weil das Unterqueren von Bahntrassen mit wasserführenden Leitungen langwierige Genehmigungsverfahren erfordert. Ein wiederentdeckter Versorgungstunnel unter den Gleisen sollte daher für die Wärmeleitungsführung genutzt werden.

Die Quartiere im Ortskern und Umgebung beinhalten zum einen Geschäfts- und Gewerbegebäude, zum anderen Wohngebäude - vorwiegend älterer Bauart. Der Zustand der Gebäude und der potentielle Wärmebedarf wurden durch das ISS der Uni Duisburg-Essen mit der Unterstützung von Geodatenbanken flächenmäßig erfasst und analysiert. Als Ergebnis der Kalkulationen konnten verschiedene Hotspots ausgewiesen.

Seitens TMT wurden die Wärmebedarfe von potentiellen Ankerkunden ermittelt, um die Trassen für ein Wärmenetz mit möglichst hoher Anschlussdichte so kurz wie möglich zu halten. Zu diesen Ankerkunden zählt die Universität Siegen, das Kreisklinikum, ein städtisches Gymnasium, das Rathaus im Stadtteil Geisweid sowie eine Anzahl von Geschäftsgebäuden und Mehrfamilienhäusern. Insbesondere die in Reihen angeordneten Mehrfamilienhäuser auf dem Haardter Berg bedeuten einen kontinuierlichen Wärmebedarf mit geringen Leitungslängen. Der überwiegende Teil der verschiedenen Eigentümer hat bereits Interesse für einen Anschluss bekundet. Einfamilienhäuser hingegen sollten nur dann ergänzend angeschlossen werden, wenn sie unmittelbar ohne zusätzliche Wärmeleitungsabschnitte erschlossen werden könnten.

Im Ergebnis der beiden Methoden wurden zwei Wärmenetzabschnitte entwickelt, zum einen auf dem Haardter Berg rund um die Gebäude der Universität, zum anderen im Ortskern Geisweid.

In den betreffenden Quartieren sind bisher keine Wärmeleitungen als Infrastruktur vorhanden, so dass das Wärmeverteilnetz im Rahmen des Projektes komplett neu errichtet werden muss. Während die Erschließung des Ortskerns Geisweid bei Nutzung des alten Versorgungstunnels unterhalb der Bahntrasse mit kurzen Leitungslängen möglich ist, erfordert die Erschließung des Netzabschnitts auf dem Haardter Berg die Überwindung von 100 Höhenmetern über einen bewaldeten Steilhang. Die Möglichkeiten zur Rohrleitungsverlegung wurden in Zusammenarbeit mit Fachunternehmen untersucht und die hydraulischen Anforderungen für verschiedene Trassenverläufe durch TMT entwickelt und kalkuliert. Die praktische Durchführbarkeit wäre auch hier gegeben.

Das Freibad in Siegen-Geisweid würde als Wärmeabnehmer insbesondere im Sommer einen weiteren potentiellen und attraktiven Ankerkunden darstellen. Bedingt durch die räumliche Entfernung vom Gelände der DEW wurde hierfür der Wärmetransport mittels LKW-Tankcontainer untersucht. Zum einen benötigen diese Container aber eine für große LKW erreichbare Abstellfläche – sowohl an der Wärmequelle als auch beim Wärmeabnehmer, zum anderen lassen die als Latentwärmespeicher verwendeten Salzlösungen in den Containern nur ein begrenztes Temperaturniveau zu. Gemessen an der transportierten Wärmemenge wären für einen Latentwärmespeicher erhebliche Investitionen aufzubringen, sowohl für die Container selbst, als auch die Andockstationen. Darüber hinaus wären für den täglichen LKW-Transport der Container laufende Kosten angefallen. Alle diese Einschränkungen würden für das Freibad keine wirtschaftliche Versorgung ergeben.

### **Mögliche Sektorenkopplungen**

Bei der Analyse des Abwärmepotentials und der Nutzung der Abwärme innerhalb oder außerhalb der Fabrikgrenzen wurden auch die Möglichkeiten zur Umwandlung der Abwärme in andere Energieformen betrachtet. Für die Abwärme des Elektro-Lichtbogen-Ofens wurde untersucht, ob statt oder neben der Nahwärme auch elektrischer Strom erzeugt werden kann. Mit dem Temperaturniveau des Kühlwassers käme aus technischer Sicht eine ORC-Verstromungsanlage in Frage, wobei die Auswirkungen der Temperaturschwankungen der Abwärme für eine ORC-Anlage genauer untersucht werden müssten. Elektrischer Strom könnte zum einen durch die DEW selbst genutzt werden, zum anderen ins öffentliche Netz eingespeist oder mittels eines eigenen Netzes gemeinsam mit der Nahwärme vertrieben werden.

Da der Wirkungsgrad einer ORC-Anlage aus physikalischen Gründen im Bereich der vorhandenen Kühlwassertemperatur sehr niedrig ist (deutlich unter 10%), hätten die hohen Investitionskosten für eine solche Anlage und der daraus resultierende Strompreis nicht mit dem Strommarktpreis konkurrieren können. Selbst die Einspeisung des so gewonnenen Stroms in das öffentliche Netz und die damit zu erwartenden Vergütungen ergaben keine wirtschaftliche Lösung für den Einsatz einer ORC-Anlage.

Als weitere Möglichkeit der Stromerzeugung wurde die Installation eines gasbetriebenen Blockheizkraftwerkes (BHKW) in Betracht gezogen. Der so erzeugte Strom hätte wiederum von den DEW selbst genutzt oder an das öffentliche Netz bzw. individuelle Verbraucher abgegeben werden können. Zugleich hätte die Abwärme des BHKWs eine Überbrückung der Stillstandzeiten des E-Ofens liefern und teilweise auch Lastspitzen des Wärmenetzes abdecken können. Für eine komplette Versorgung des Nahwärmenetzes wäre allerdings eine ergänzende Kesselanlage notwendig gewesen. Aufgrund des mangelnden Platzangebotes für die Aufstellung eines solchen BHKWs in der Leistungsklasse von mehreren MW elektrischer und thermischer Leistung auf dem Gelände der DEW und der nur sporadischen Abnahme der BHKW-Abwärme hätte die Installation eines BHKWs keine praktisch und wirtschaftlich umsetzbare Komponente zur Energieversorgung ergeben.

Infolge des Verzichts auf die Erzeugung elektrischen Stroms im vorliegenden Abwärme-Projekt wurden die Untersuchungen weiterer Szenarien zur Nutzung eines selbst erzeugten Stroms nicht weiter vertieft. Use-Cases mit der Kopplung von E-Mobilität auf der Basis von Car-Sharing mit E-Autos oder E-Bikes für Studenten der Universität Siegen wurden daher nicht bis zu einer detaillierten Lösung weiterentwickelt.

Die Abwärmenutzung würde sich daher ausschließlich auf die Verteilung von Wärme im Nahwärmenetz beschränken. Nichtsdestotrotz würde die Nutzung der Nahwärme bei einzelnen Abnehmern durchaus auch zur Wandlung in Kälte genutzt werden können, beispielsweise zur Raumklimatisierung oder zur Lebensmittelkühlung eines Supermarktes. Diese Anwendungen würden insbesondere Wärmebedarfe in den Sommermonaten darstellen und die Wirtschaftlichkeit für den Betrieb des Wärmenetzes verbessern.



# Bewertete Use-Cases für Siegen-Geisweid

Use-Cases in Siegen-Geisweid		Art					Erzeugung		Netz			HAST-Anlage			
		Nahwärme	Wärme- Container	Einspeisung	Verkauf	Vermietung	Energie-Für- Geisweid	DEW GmbH	Energie-Für- Geisweid	DEW GmbH	öffentlicher Träger	Immobilien- Eigentümer	Energie-Für- Geisweid	TMT GmbH	DEW GmbH
1 - klassisch	Wärme	x					x		x				x		
2 - aktuelle Variante		x					x		x			x			
W3 - klassisch DEW		x						x		x					x
W4 - Container			x				x		x			x			
EfG-Einspeisung	Strom			x			x				x				
S2 - DEW-Einspeisung				x				x			x				
S3 - EfG-Verkauf-öffentl.					x		x				x				
S4 - DEW-Verkauf-öffentl.					x			x			x				
S5 - EfG-Verkauf-EfG					x		x		x						
S6 - DEW-Verkauf-DEW					x			x		x					
D1 – E-Car-Sharing	Dienstleistung					Auto- Vermietung			x				E-Autos		
E-Bike-Sharing						Fahrrad- Vermietung			x				E-Bikes		
D3 - Ladestationen					Strom- Verkauf				x				E-Ladesäulen		
DA1	Dampf														



Auch bei Beschränkung der Use-Cases auf die Nutzung der Abwärme in Form der Einspeisung in ein Nahwärmenetz ergaben sich verschiedene Ansätze (W1 – W3) hinsichtlich der Geschäfts- und Betreibermodelle. Da für die Rolle als Errichter und Betreiber jeweils auch die Komponenten eines Wärmenetzes – Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung und Wärmeübergabe – als Variable zu bestimmen waren, führte dies zu einer Reihe verschiedener Kombinationsmöglichkeiten.

Unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und politischer Überlegungen wurde zunächst die folgende Konstellation gewählt:

Die Auskopplung der Wärme, die Errichtung und der Betrieb des Nahwärmenetzes sollten der EfG übertragen werden. Die DEW selbst haben keine Ressourcen zur Errichtung oder zum Betrieb des Netzes zur Verfügung, und die Lieferung von Wärme ist nicht Teil ihres Geschäftsmodells. Somit bestünde für die DEW auch keine Verpflichtung zu Investitionen mit der Erwartung einer kurzen ROI-Phase. Neben der Anlage zur Wärmeauskopplung sollte auch das Rohrleitungsnetz Teil des EfG-Eigentums sein. Lediglich die Hausübergabestationen sollten nach Errichtung durch die EfG in das Eigentum der jeweiligen Gebäudeeigentümer übergehen. Dies hätte den Eigentümern die Möglichkeit geboten, eine eigene Investitionsförderung für die Übergabestationen zu erhalten.

Aufgrund der Bewilligung zur Förderung kommunaler Klimaschutz-Modellprojekte hätte die Stadt Siegen die Aktivitäten der EfG übernehmen müssen. TMT hätte dann im Rahmen regulärer Ausschreibungen Leistungen für die Errichtung der Auskopplung, des Rohrleitungsnetzes und der Übergabestationen erbringen können. Die Rolle des Betreibers wäre der Stadt Siegen zugefallen, die hierfür im Rahmen des Modellcharakters des Projektes eine Bürgerbeteiligung vorgesehen hatte.

## **Ergebnisse**

Auch wenn die Realisierung des Nahwärmeprojektes zumindest vorerst durch den Ausstieg der Stadt Siegen gestoppt wurde, lassen sich doch erste Ergebnisse festhalten.

Die DEW haben allein durch die Bereitschaft der (zunächst kostfreien) Bereitstellung der Abwärme zur Nutzung außerhalb der Fabrik einen Imagegewinn erzielt. Innerhalb der Fabrik wurde der Projektfortschritt von vielen Mitarbeitern interessiert verfolgt. In der Öffentlichkeit – soweit diese bislang informiert wurde – wurde die Bereitschaft stets positiv aufgenommen. Durch entsprechende weitere projektbegleitende PR-Maßnahmen würde dieser Effekt deutlich verstärkt werden können. Die Pläne zur Errichtung eines Wärmenetzes trafen allerdings nicht überall auf ungeteilte Zustimmung. Insbesondere in der Heizungsbauerinnung formieren sich Widerstände. Hier fürchtet man um den Verlust von traditionellen Heizungskunden, was im Fall einer Teilversorgung mit Nahwärme aber unbegründet wäre.

Aus technischer Sicht ist die Wärmeauskopplung und Wärmeeinspeisung in das Nahwärmenetz realisierbar. Es wären weitere Untersuchungen durchzuführen, um die periodisch verfügbare Wärmezufuhr kontinuierlich dem Wärmenetz zur Verfügung zu stellen. Die mehrtägigen Stillstände des Ofens könnten möglicherweise mit einem Langzeitspeicher überbrückt werden. Für einen solchen Langzeitspeichers wäre allerdings eine größere Fläche erforderlich, die im Umfeld des geplanten Wärmenetzes bisher nicht erkennbar zur Verfügung steht.

Selbst wenn nur eine Teilversorgung mit Nahwärme angeboten würde, bestünde durchaus reges Interesse bei den Abnehmern, vorausgesetzt der Wärmepreis wäre preislich wettbewerbsfähig. Die Teilversorgung würde erst einmal nicht als nachteilig empfunden, zumal durch das Beibehalten der eigenen Heizungsanlage keine Abhängigkeit von der Nahwärmeversorgung entstünde. Zwar bestehen aktuell außer der Absichtserklärung mit der Universität noch keine schriftlichen Vereinbarungen, die geführten Gespräche lassen aber eine hohe Anschlussquote erwarten.

Die beteiligten Banken sahen keine besonderen Risiken bei der Finanzierung des Restbetrages, der bei Nutzung der 90%igen Förderung auch gering gewesen wäre. Die Finanzierung aller Vorrichtungen und Installationen zur Wärmeauskopplung auf dem Gelände der DEW wären durch den Errichter des Wärmenetzes zu tragen. So würde die Anforderung der Industrie an kurze ROI-Perioden von 2-3 Jahren grundsätzlich umgangen.

Um die Kooperation zwischen urbaner Fabrik und angrenzendem Quartier möglichst positiv und effektiv zu gestalten, hat sich das Engagement des städtischen Klimaschutzmanagers als sehr hilfreich erwiesen. In der Rolle des Mediators übernahm er zum einen Koordinationsaufgaben im Sinne des Wärmeanbieters, da die DEW als Stahlhersteller keine Ressourcen für den Wärmevertrieb haben oder aufbauen können. Seitens der städtischen Verwaltung fungierte der Klimaschutzmanager als zentrale Kommunikationsschnittstelle aller Gremien. Als vorteilhaft erwies sich sein besonderes Engagement von Beginn des Projektes an.

Mit der Gründung der „Energie für Geisweid GmbH“ konnte das Projekt in bereits sehr früher Phase mit allen notwendigen Ressourcen intensiv unterstützt werden. Im Gegensatz zu einem Arbeitskreis bestand mit der GmbH-Rechtsform eine verstärkte Verbindlichkeit der Gesellschafter. Wäre die weitere Projektleitung in der Verantwortung der EfG verblieben, wären auch für die Errichtung und den Betrieb der Nahwärmeversorgung alle notwendigen Partner bereits eingebunden gewesen.

In der Zusammenarbeit mit der interdisziplinären Forschergruppe konnten zum einen die Aspekte aus der Sicht der Stadtentwicklung intensiv auf ihren Einfluss im vorliegenden Projekt untersucht werden. Zum anderen würde sich für die weitere Evaluierung der Wärmeabnehmer der Einsatz des vom ISS Institut auf der Basis der Geodatenbanken entwickelten Analysewerkzeugs empfehlen. Dabei ist noch zu prüfen, welche Software-Voraussetzungen zu berücksichtigen sind.

Dass die Umsetzung des Nahwärmeprojektes einmal in sehr hohem Maß von der Kommune (Stadt Siegen) abhängig sein würde, war zu Beginn des Projektes nicht vorhersehbar. Trotz intensiver Bemühungen der EfG ist es nicht gelungen, die Stadtverwaltung von der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit zu überzeugen. Dazu hat auch die ablehnende Haltung der städtischen Versorgungsbetriebe beigetragen, die als kommunaler Eigenbetrieb die fachliche Unterstützung hätte geben und nicht verweigern müssen.

Ob ein frühzeitiges Hinzuziehen eines unabhängigen Planungsbüros für die Verifizierung der durch die EfG-Gesellschafter erarbeiteten technischen Auslegungen und wirtschaftlichen Vorkalkulationen eine bessere Überzeugungsarbeit bei der Kommunalverwaltung geleistet hätte, bleibt im Nachhinein spekulativ. Hierfür hätte die Gesellschaft aber zunächst in Vorleistung gehen und etwaige Machbarkeitsstudien finanzieren müssen.

### **Handlungsempfehlungen**

Die Nutzung industrieller Abwärme auch außerhalb der Fabriken kann einen signifikanten Beitrag zur Wärmewende leisten. Fabriken im urbanen Umfeld eignen sich dazu ganz besonders. Dabei sind allerdings Nebenbedingungen zu beachten, die sich zum Teil weniger oder gar nicht bei der Errichtung von anderen regenerativen Wärmeerzeugern wie BHKWs, Holzkesseln oder Biogaskesseln ergeben.

Erstens liegt der Ort der industriellen Abwärme in der Regel fest. Ein Wärmenetz muss dort anknüpfen, auch wenn potentielle Abnehmer weiter entfernt sind oder bereits bestehende Wärmenetze nicht die optimale Infrastruktur bieten. Für Fabriken in der Stadt, die im Rahmen des „Urban Factory“-Projektes untersucht wurden, sollte in der Regel aber zumindest eine räumliche Nähe zu Quartieren vorhanden sein.

Zweitens muss die „Qualität“ der Wärme berücksichtigt werden. In erster Linie spielt das vorhandene Temperaturniveau eine wichtige Rolle. Für Bestandsgebäude im Quartier und für die Trinkwassererwärmung sind Mindesttemperaturen notwendig, die eventuell nur mittels zusätzlicher Wärmeerzeuger erreicht werden können. Darüber hinaus muss die Verfügbarkeit berücksichtigt werden. Industrielle Abwärme ist meist an Produktionsprozesse gekoppelt, die mitunter nicht rund um die Uhr und nicht das ganze Jahr betrieben werden. Geeignete Speichertechnologien oder der Schritt zu einer Teilversorgung können dies kompensieren.

Drittens sind die geschäftlichen Ausrichtungen der Partner – urbane Fabrik und Quartier – zu berücksichtigen. Der Verkauf der Abwärme wird seitens der Fabrik kaum als Kerngeschäft betrieben werden, dementsprechend wenig intensiv kann die Betreuung dort ausfallen. Für die Abnehmer ist die Wichtigkeit einer zuverlässigen Wärmeversorgung aber hoch, so dass in der Regel ein Vermittler zwischen beiden Partnern - insbesondere während der Planungs- und Errichtungsphase - von Vorteil ist. Ein kommunaler Klimaschutz- oder Energiemanager stellt zudem eine neutrale Position dar.

Auch hinsichtlich der notwendigen Investitionen liegen die Anforderungen weit auseinander. In der Industrie werden Amortisationsperioden von 2-3 Jahren erwartet, während sich ein Wärmenetz in der Größenordnung von 20 Jahren „rechnet“. Für diese Interessenunterschiede sind intelligente Kostenverteilungen gefordert.

Die politischen Aspekte sollten als vierter Punkt nicht unberücksichtigt bleiben. Wie stark sind Kommunen zum Thema Klimaschutz und Wärmenetze sensibilisiert oder selbst aktiv? Wärmenetze benötigen immer eine Rohrleitungstrasse, die mehr oder weniger im öffentlichen Verkehrsraum verläuft. Wo sind Kooperationen zu erwarten, wo Hindernisse? Welche Wettbewerbssituationen entstehen zu anderen Wärmeversorgern wie zu lokalen Stadtwerken oder zu privatwirtschaftlichen Dienstleistern?

Als fünfter Aspekt sind mögliche Fördermöglichkeiten zu untersuchen. In vielen Fällen ist noch kein Wärmenetz vorhanden. Die Rohrleitungstrassen wiederum repräsentieren aber einen hohen Kostenanteil einer Nahwärmeversorgung. Meist sind wirtschaftliche Lösungen für eine Nahwärmeversorgung nur mittels einer öffentlichen Förderung zu erreichen. Da die Landschaft der Fördermöglichkeiten vielfältig ist, lohnt sich eine intensive und vor allem frühzeitige Untersuchung.

Da es sich bei Nahwärmenetzen in der Regel um technisch anspruchsvolle Projekte handelt, ist das Einbinden eines technischen Partners oder zumindest Planers immer empfehlenswert. Neue Technologien wie z.B. Niedertemperatur- oder „LowEx“-Netze bis hin zu „Kaltwasser“-Netzen scheinen zur Nutzung industrieller Abwärme erst einmal besonders geeignet, sind aber meist nur für neu errichtete Niedrigenergiegebäude anwendbar und nicht für den Altbestand.

Abschließend empfiehlt es sich, bei der Nutzung von Abwärme nicht nur an die Versorgung mit Wärme zu denken. Auch Kälte lässt sich mittels geeigneter Sorptionsanlagen kostengünstig aus Abwärme erzeugen und kann in vielen Bereichen Anwendung finden, entweder als Kältenetz oder lokal erzeugt. Die Verstromung ist ein weiteres Verfahren zur Wärmenutzung, das allerdings nur bei höheren Temperaturen - als für Wärmenetze üblicherweise verwendet - wirtschaftlich betrieben werden kann.

#### **6.4.2 Fachbereich Produktionssysteme**

Das Produktionssystem dient der Aufbereitung von Baustahl und Edelstahl durch die Deutschen Edelstahlwerke am Standort Siegen in einem Elektrolichtbogenofen. Dabei wird der Stahlschrott mit einem elektrisch erzeugten Lichtbogen erhitzt und eingeschmolzen. Der jährliche Energiebedarf beträgt ca. 265 Mio. kWh und wird hauptsächlich über die Abluft und das Kühlwassersystem an die Umwelt abgegeben. Es werden ca. 20 Schmelzen pro Tag durchgeführt mit einem erheblichen Materialtransport- und Energieaufwand.

Veränderungen im Produktionssystem wurden in dieser Fallstudie zum Projektstart ausgeschlossen. Daher wurden keine Analysen des Produktionssystems im Projektverlauf aus produktionstechnischer Sicht durchgeführt.

#### **6.4.3 Fachbereich Industriebau**

Wie schon aus Sicht des Projektpartners TMT in Kapitel 6.4.1 beschrieben hatte das Projekt Energie für Geisweid (EfG) bereits kurz nach Start des Forschungsprojekts Urban Factory durch äußere Einflüsse mit wirtschaftlichen Herausforderungen zu kämpfen. Dies war zu einem großen Teil auf die während der Antragsphase stark negative Preisentwicklung der fossilen Energieträger zurückzuführen. Eine zusätzliche, investive Förderung wurde für eine Umsetzung des Wärmenetzes notwendig, im Projektverlauf beantragt und mittels Förderbescheid genehmigt. Letztendlich aber konnte das Wärmenetz aufgrund der Ablehnung der zusätzlichen Förderung durch die Stadt Siegen bislang nicht umgesetzt werden. Im Zuge der immer weiter fortschreitenden Verzögerungen hat besonders der Fachbereich Industriebau den Projektpartner TMT, stellvertretend für EfG, intensiv bei der Suche nach zusätzlichen Fördermöglichkeiten unterstützt, um eine Umsetzung potentiell möglich zu machen. Zudem wurde nach weiteren Entwicklungsmöglichkeiten der physischen Vernetzung gesucht, die eine Umsetzung eventuell ermöglicht hätten. Hierzu zählten z.B. Vorgespräche mit Fördermittelgebern, um die Bedingungen für eine Einbindung der vorhandenen Pufferspeicher der Universität Siegen abzuklären. Jedoch scheiterte diese, wie bereits in Kapitel 6.4.1 erwähnt, an rechtlichen

Hürden. Weiterhin erfolgten in der zweiten Projekthälfte Gespräche mit den Deutschen Edelstahlwerken (DEW) um anderweitige Nutzungspotentiale der Abwärme und somit eine anderweitige Umsetzung zu ermöglichen. Zudem wurde die Suche nach weiteren Akteuren, die flankierend partizipieren würden verstärkt. Im Zuge der Akteursanalyse durch das IIKE konnte der Kontakt zu den verantwortlichen Experten des Forschungsprojekts Remonet aufgebaut und darüber das lokale Netzwerk erweitert werden. Dem zentralen Anliegen des Projekts, die Vernetzung von weiteren Akteuren zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu fördern, konnte zusätzlich durch den Austausch mit verschiedenen Ämtern der Stadt Siegen Rechnung getragen werden. Letztendlich aber konnte die Zielsetzung das Vorhaben bis zur Realisierung des Wärmenetzes und sich daraus ergebenden, hochbaulichen Komponenten bzw. der baulichen Umsetzung von urbanen Integrationsmaßnahmen zu begleiten mangels Umsetzung nicht aufrechterhalten werden.

#### 6.4.4 Fachbereich Logistik

Die Ver- und Entsorgung des Produktionssystems erfolgt über die Verkehrsträger Straße und Schiene. Der Standort in Siegen verfügt über einen eigenen Gleisanschluss. Aufgrund der großen transportierten Mengen ist die Ver- und Entsorgung mit dem Schienenverkehr sinnvoll, da diese dem Lkw-Transport gegenüber weniger energieintensiv und erzeugt entsprechend weniger Emissionen pro transportierter Tonne. Die Nutzung des Lkw als weiteres Verkehrsmittel ist notwendig, da der Schienenverkehr für einen Teil der Transporte als zu unflexibel angesehen wird, insbesondere die gefertigten Produkte zu distribuieren. Zudem werden Kippfahrzeuge zum Transport der Schlacke eingesetzt. Diese wird auf dem weitläufigen Werksgelände deponiert, sodass hier nur sehr kurze Wege für die Entsorgung der Abfallprodukte anfallen.

Abgesehen von der vorbereitenden Analyse zu Mobilitätspotenzialen und die weitere Untersuchung im Rahmen der Use-Cases (E-Fahrzeuge, Bike-Sharing etc.) wurden Veränderungen im Logistikkonzept für die Deutsche Edelstahlwerke am Standort Siegen in dieser Fallstudie zum Projektstart ausgeschlossen. Daher wurden keine weiterführenden Analysen der Ver- und Entsorgung im Projektverlauf aus logistischer oder verkehrlicher Sicht durchgeführt.

#### 6.4.5 Sichtweise Energiedesign

Die Sichtweise Energiedesign hat viele Parallelen zu Unterkapitel 6.4.1. Es werden Cluster- und Netzwerkanalysen, auf Basis von flächendeckenden GIS-gestützten Wärmebedarfsberechnungen nach EnEV, für Gebäude in definierten bestehenden Stadträumen halbautomatisiert durchgeführt. Die entwickelte Methode wird im Kontext dieses Projektes primär praktisch erprobt und evaluiert, eine Darstellung des Ablaufs ist in den Anlagen zu finden. Eine Vermarktung ist dabei nicht vorgesehen. Für diese Methode werden aktuell noch die lizenzpflichtigen ArcGIS-Softwareprodukte von ESRI genutzt.



Abbildung 6.4-64: Übersicht von der Primärenergie bis zur Nutzenergie

Wie zuvor in Braunschweig wurden in Siegen-Geisweid bei mehreren Ortsbegehungen die Gebäudetypologien und weitere Daten aufgenommen. Die aufzunehmenden Werte sind in Tabelle 6.4-1 aufgeführt.

Art des Gebäudes	Geschosse	Baujahr	Dachform	Ausgebautes Dach	Dach Renoviert	Fenster Renoviert
Einfamilienhaus Reinhaus Mehrfamilienhaus Hochhaus Nutzungsmischung Sonst	1 bis 20	Bis 1918 1919-1948 1949-1959 1960-1969 1970-1977 1978-1983 1984-1994 1995-2002 2003-2008 2009-2015 2016	Flachdach Satteldach Walm-dach	Ja / Nein	Bis 1977 1978-1983 1984-1994 1995-2002 2003-bis jetzt	Bis 1977 1978-1983 1984-1994 1995-2002 2003-bis jetzt

Tabelle 6.4-19: Elemente der Gebäudetypologie

Die Aufgenommenen Gebäude sind in Abbildung 6.4-5 dargestellt. Die Aufnahme der Gebäude wurde über mehrere Tage hinweg durchgeführt.



Abbildung 6.4-65: Aufgenommene Gebäude in Siegen-Geisweid

Mit den aufgenommenen Daten können nun die Modelle gespeist werden. So ist es möglich statistische Werte zu Modernisierungen über die Jahre hinweg einfließen zu lassen, um so z.B. Hotspots mit stetig hohen Energieverbräuchen zu identifizieren.



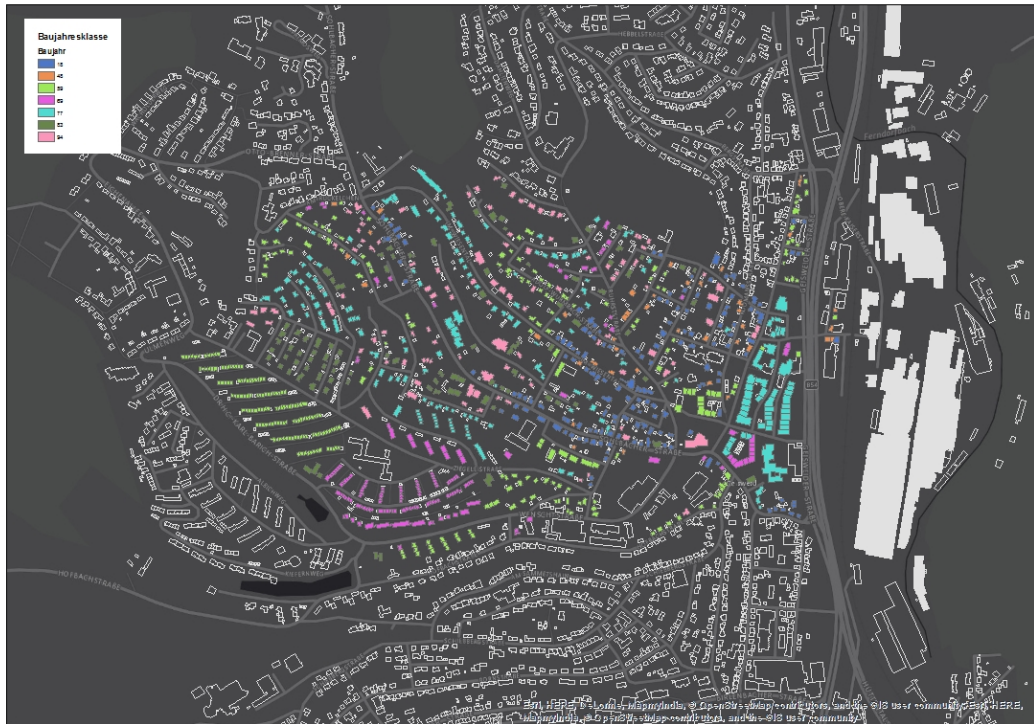


Abbildung 6.4-66: Altersklassen der aufgenommen Gebäude

Abbildung 6.4-6 zeigt die Altersklassen der Gebäude. Besonders auffällig sind drei Bauabschnitte. 1955 und 1968 zwei große Mischgebiete mit überwiegender Mehrgeschossiger Wohnbebauung und 1977 der Bau der Universität. Die Gebäudetypen sind in Abbildung 6.4-7 dargestellt.

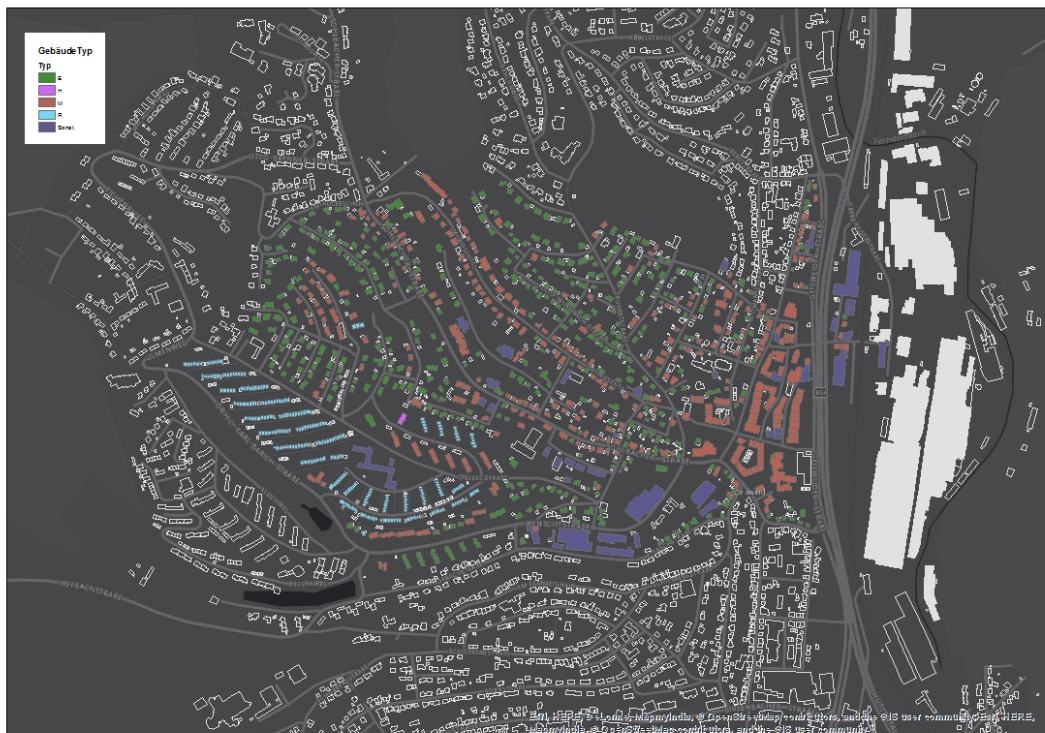


Abbildung 6.4-67: Gebäudetypen in Siegen-Geisweid

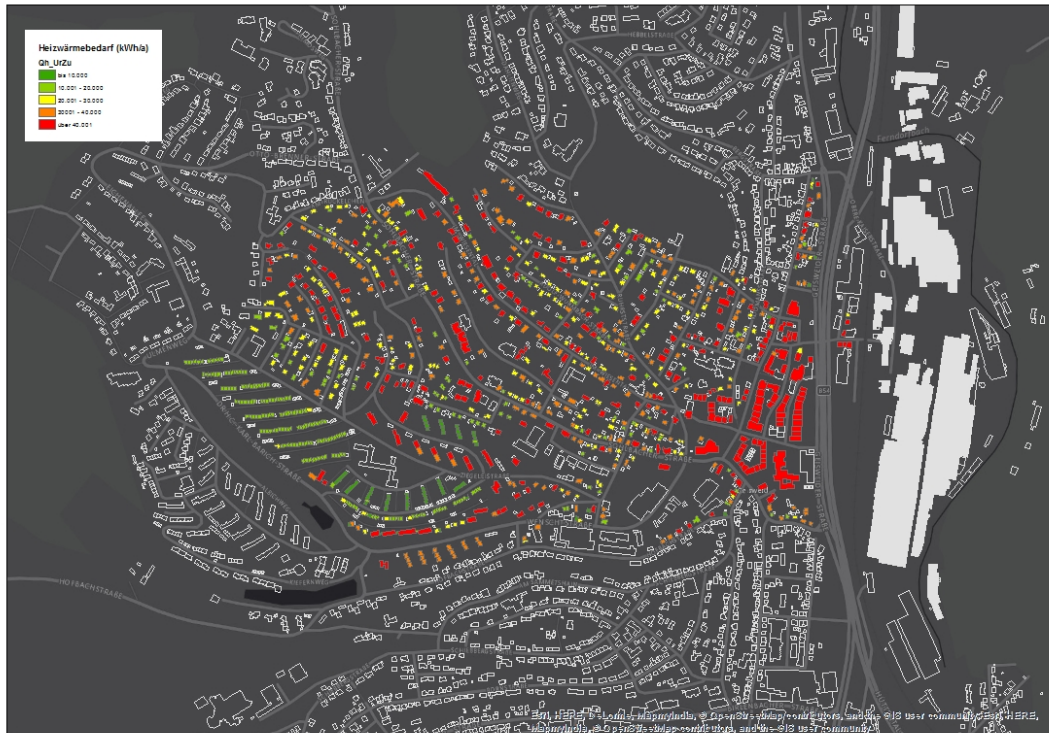


Abbildung 6.4-68: Heizenergiebedarf der aufgenommenen Gebäude

Im nächsten Schritt wird der Heizwärmebedarf  $Q_h$  pro Gebäude errechnet. Die Grundlage bilden auch hier die vorab aufgenommenen Werte. Andere benötigte Werte wie Fensterflächen werden über Faustformeln mit typischen Werten errechnet. Dieses Verfahren ist ausreichend genau, um Aussagen ableiten zu können. Abbildung 6.4-8 zeigt den benötigten Heizwärmebedarf pro Gebäude. Wie zu erwarten haben die älteren Gebäude einen signifikant höheren Energieverbrauch. Die Wohnsiedlungen aus den 1950er und 1960er Jahren sind zwischenzeitlich modernisiert worden. Dieses wirkt sich positiv auf die Energiebilanz aus. Die Universität hat dem gegenüber einen hohen Heizwärmebedarf.

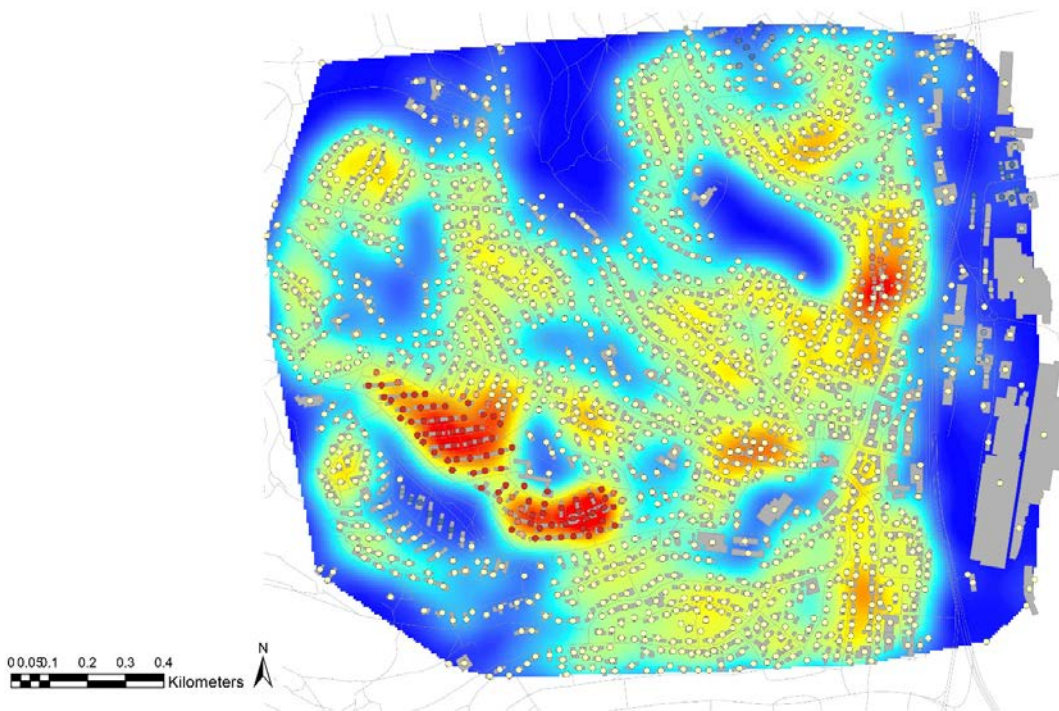


Abbildung 6.4-69: Gebäudedichte



Aus Quartierssicht hat der Heizwärmebedarf allein nur eine geringe Aussagekraft. Erst in Verbindung mit der Gebäudedichte können Ableitungen auf Quartier / Stadt – Ebene erstellt werden. Die Abbildung 6.4-9 zeigt in Form einer Heatmap die Gebäudedichte. Es ist zu vermuten, dass bei den Gebieten mit der höchsten Bebauungsdichte der höchste Quartiersbezogene Heizwärmebedarf lokalisiert ist. Doch erst in Verbindung mit der Bebauungsdichte lassen sich Aussagen auf Quartiersebene treffen. Der genaue Vorgang der Zusammenführung ist im Anhang B2.2 zu finden.



Abbildung 6.4-70: Vorortbild bei der Gebäudeaufnahme

Die Überlagerung zeigt, dass sich drei Hotspots bilden.

*Universität:*

Wie zu erwarten ist im Bereich der Universität ein Hotspot lokalisiert. Dieses wurde vom Projektanfang an vermutet und bildete ebenfalls die Grundlage aller Überlegungen des Projekts „Energie für Geisweid“. Der Heizwärmebedarf ist der geringste der drei Hotspots.

*Wohnbebauung aus den 1950er und 1960er Jahren:*

Dieses ist der zweite Hotspot. Dieser ist zurückzuführen auf die hohe Bebauungs- und Wohnungsdichte vor Ort. Was dieses Beispiel zeigt ist, dass trotz eines relativ guten Gebäudebestands sich Hotspots bilden können. Der Hotspot ist jedoch ausschließlich im Bereich der Gebäude aus den 1950er Jahren lokalisiert.

*Mischbebauung vor 1950:*

Dieses ist der dritte Hotspot und ist zurückzuführen auf das Alter der Gebäude und den hohen Anteil aller Fenster, Türen und andern Bauteilen.

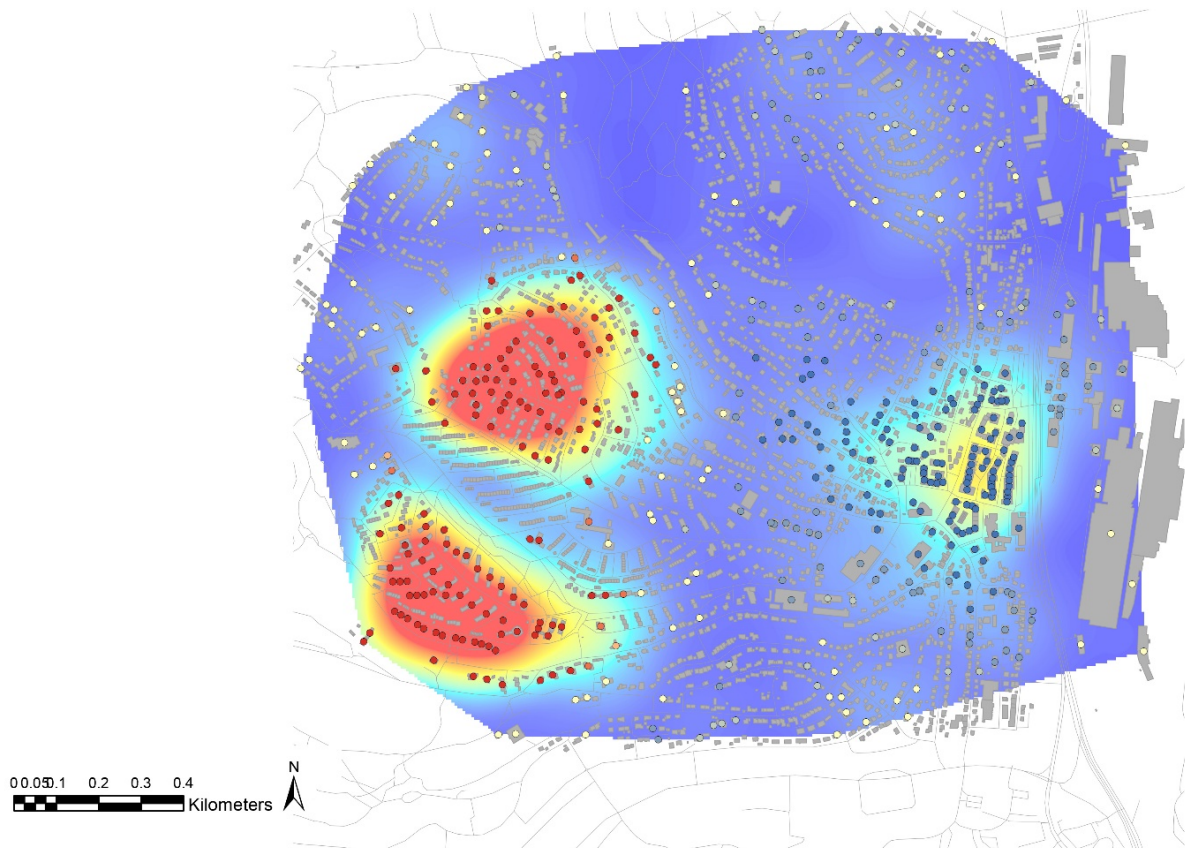


Abbildung 6.4-71: Heatmap durch Überlagerung des Heizwärmebedarfs mit der Gebäudedichte

## Maßnahmenvorschläge

Auf Grund der vorangegangenen Analyse werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen. Diese sind in den Bereichen Wärmeübergabe zwischen Produktionsbetrieben / Umliegende Bebauung, Wärmenetz und auf Wärme abgestimmte Logistikmodelle angesiedelt.

### *Schnittstelle Wärmeübergabe - Produktion/Extern*

In dieser Maßnahme sollen Bestandsgebäude sich energetisch mit anderen Gebäuden in der Umgebung austauschen. Hier müssen die Energiesenken und -Quellen der einzelnen Gebäude über die Zeit betrachtet und analysiert werden. Tritt bei einem Gebäude eine Quelle und bei einem anderen eine Senke auf, so gilt es die Energie zu transferieren. Hierfür müssten beide Gebäude und die Möglichkeiten des Austausches untersucht und simuliert werden.

Der Energiebedarf und -Angebot müssten auf verschiedenen Detailebenen betrachtet werden:

- ▶ Mikro-/Makro-Analyse des Wärmeangebots,
- ▶ Untersuchung von Steuerungs- und Puffermöglichkeiten und
- ▶ Ableitung geeigneter Regelstrategien.

Zudem müssen geeignete technische Betriebsmittel identifiziert werden.

### *Design Wärmenetz*

In diesem Konzept sind drei zentrale Wärmequellen und neun zentrale Wärmesenken geplant. Mögliche Wärmesenken sind:

- ▶ Wohngebäudeeigentümer aktivieren und in das bestehende Konzept integrieren
- ▶ Nördlich des „Klafelder Marktes“
- ▶ Zwischen dem Uni-Campus und dem Bf. Siegen-Geisweid
- ▶ Wohnquartiere an der südlichen Weidenauer Straße

Des Weiteren könnten weitere Wärmeinseln in das Konzept integriert werden. Beispielsweise in Form von bestehenden Wohnquartieren entlang der Haupttrassen.

#### *Mobile Wärmecontainer*

In dieser Maßnahme werden Container bereitgestellt, die ein Latentwärmespeicher beinhalten. Wärmelieferant können Betriebe ohne angeschlossenes Fernwärmenetz sein. Die Container würden per LKW zum Verbraucher transportiert und dort an einer Entladestation angeschlossen werden. Durch einen integrierten Wärmetauscher gibt das System für Stunden Wärme an das externe Heizsystem ab. Weitere Einsatzbeispiele könnten sein:

- ▶ Grundschule in Bottrop ("Innovation City")
- ▶ Schwimmbad in Dortmund
- ▶ Logistikzentrum in Duisburg
- ▶ Grundschule mit Schwimmbad in Essen

Herausforderungen sind unter anderen die Abschätzungen der Einsparungen gegenüber den Transportkosten und die zugehörigen Energiebilanzen. Sowie die Lösung der Fragestellung, wann ein solches System in Geisweid wirtschaftlich sein könnte.



## 6.5 Modellversuch I: Elektromobilität in der Distribution

Im Rahmen einer Masterarbeit wurden die gegenwärtigen und zukünftigen Potenziale und Herausforderungen der E-Mobilität in der Distribution thematisiert. Diese Thematik nimmt mit der Zeit stetig an Bedeutung zu, da die Umweltbelastungen durch die Verbrennungsmotoren, die aktuell im Straßengüterverkehr eingesetzt werden, sehr groß sind. Zudem fällt der Aspekt der Ölknappheit ins Gewicht. Um die zukünftige Güterversorgung der Menschen in den Städten weiter zu gewährleisten, spielen alternative Antriebstechniken eine zentrale Rolle. Hier liegt der Fokus aktuell auf dem Elektroantrieb. Im Last-Mile-Verkehr verspricht der Elektromotor Emissions- und Lärmreduktion. Die zentralen Antriebskonzepte sind Hybrid- und Batteriebetriebene Fahrzeuge sowie Elektrofahrzeuge, die mit Brennstoffzellen betrieben werden. Neben der Art des Antriebes müssen jedoch auch weitere Aspekte, wie z.B. Lademöglichkeiten der Batterien, beachtet werden. Die Batterien der Elektrofahrzeuge werden im Prinzip per Kabel, Steckverbindungen, Induktion oder durch Wechselsysteme geladen. Eine wichtige Voraussetzung, damit das Konzept der E-Mobilität wirtschaftlich umgesetzt werden kann, sind flächendeckende Ladestationen. Eine Investition in die Elektrofahrzeuge ist für viele Menschen erst dann relevant, wenn das Laden schnell funktioniert und sich in räumlicher Nähe befindet.

Die Verbrennung von fossilen Energieträgern (Öl, Gas und Kohle) verursacht Treibhausgase. Zum Schutz des Klimas und zur Eindämmung der Erderwärmung gilt es diese zu reduzieren. Allein der Straßengüterverkehr ist für 18% (164 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>) der Treibhausgase verantwortlich. Damit die Regionen die Luftreinhaltepläne verwirklichen und die Grenzwerte für Stickoxid einhalten können, hat das Bundesverwaltungsgericht am 27.02.2018 in Leipzig entschieden, dass Fahrverbote für Dieselfahrzeuge (bis Euro 4) angeordnet werden können. Da die hohen Preise der Elektrofahrzeuge oft einen Grund darstellen, warum sich Bürger gegen einen Kauf entscheiden, bietet das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) einen Umweltbonus für einen Kauf bzw. ein Leasing eines Elektrofahrzeugs an. Um die Potentiale von Elektrofahrzeugen in der Logistik zu testen wurde für die Masterarbeit eine Analyse der Auslieferungstouren bei einem Großhandelsunternehmen durchgeführt. Dort starten täglich 35 Touren, um Sendungen an die Kunden zu liefern. Diese Touren können über 200 km lang werden, wobei der Durchschnitt bei 160-200 km liegt. Aus den unterschiedlichen Touren, die durch das Großhandelsunternehmen durchgeführt wurden, wurden zwei passende Touren für die Testfahrten ausgewählt. Die Tour H01 (Dortmund) ist im Normalfall ca. 107 km lang, umfasst 41 Stopps und beinhaltet eine Ladung von ungefähr 700 kg. Die Tour H04 (Schwerte, Hagen) hingegen ist etwa 146 km lang, umfasst 38 Stopps und enthält ebenfalls eine Beiladung von ca. 700 kg. Es wurden ausschließlich Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von bis zu 3,5 t verwendet. Da dies die Reichweite des Elektrofahrzeugs (im beladenen Zustand) überschreitet und es während der Touren keine Möglichkeit zur Zwischenladung gibt, mussten die Touren verkürzt und die Beladung der Fahrzeuge dementsprechend angepasst werden. Das Testfahrzeug, mit dem die Auslieferungstouren durchgeführt wurden, ist der Iveco Daily Electric. Die technischen Daten des Fahrzeugs sind in Tabelle 6.5-1 zusammengefasst.

Laderaummaße	16 m <sup>3</sup>
Höchstgeschwindigkeit	80 km/h (elektronisch begrenzt)
Ladezeit (schnell)	2h, 400V
Ladezeit (Ladestation, Standard)	10h, 400V
Ladezeit (häusliches Laden, Standard)	24h, 230V
Motorleistung	80 kW
Radstand	4100 mm
Batteriekapazität	84,6 kWh
Reichweite (UNECE-Testzyklus)	294 km
Drehmoment	300 Nm
Zulässiges Gesamtgewicht	5.200 kg
Leergewicht	3.593 kg
Nutzlast	1.607 kg

Tabelle 6.5-20: Technische Daten des Iveco Daily Electric i.A.a. Gries & Witte (2016)

Die vier Testfahrten, die im Zeitraum vom 8. Bis 11. Januar 2018, durchgeführt wurden, hatten maximal eine Länge von 98 km. Insgesamt wurden die Touren so getaktet, dass das Risiko, mit dem Fahrzeug liegen zu bleiben, möglichst geringgehalten wurde. Da der Lieferwagen nicht mit einer Ladebordwand (Hebebühne) ausgestattet wurde, konnten keine palettierten Sendungen transportiert werden. Dies hatte zur Folge, dass der Lieferwagen nur so bepackt wurde, dass nur etwa die Hälfte der vorgesehenen Kunden beliefert werden konnte. Der Daily Electric wird täglich nach Abschluss der Tour an ein Ladegerät angeschlossen, damit er am Folgetag wieder voll einsatzfähig ist. Vor dem Start einer neuen Tour wird die Ware durch den Fahrer nach Empfängern sortiert. Anschließend wird das Fahrzeug beladen. An den ersten beiden Tagen der Testphase wurde die Tour H04 (Schwerte, Hagen) durchgeführt. Die durchschnittliche Distanz der Touren betrug ca. 95 km mit einem Ladungsgewicht von etwa 375 kg. Auf die Nutzung der Autobahn wurde verzichtet. Pro gefahrener Tour wurden ca. 62 kWh verbraucht. Dementsprechend wurde die Batteriekapazität nicht komplett ausgenutzt. Je nach Straßenverhältnissen kann der Fahrer beim Daily Electric zwischen dem ECO-Modus, mit dem sparsames Fahren möglich ist, und einem POWER-Modus, der eine bessere Beschleunigung und eine höhere Fahrdynamik aufweist, wählen. Besonders auffällig wurde, dass der Wagen in hügeligen Regionen Beschleunigungsprobleme aufweist, wenn er dort im ECO-Modus gefahren wird. Dort war der Fahrer auf den POWER-Modus angewiesen. An den nachfolgenden Tagen wurde das Elektrofahrzeug auf der Tour H01 in Dortmund getestet. Hier betrug die durchschnittliche Distanz ca. 83 km mit einem Ladungsgewicht von etwa 390 kg. Pro gefahrener Tour wurden ca. 53 kWh verbraucht. Im Gegensatz zu den eher ländlichen Regionen, die bei der Tour H04 durchfahren wurden, waren die Straßenverhältnisse in Dortmund eher eben. Zum Test des Energieverbrauchs wurde bei Bedarf die Heizung eingeschaltet und die Scheibenwischer verwendet. Neben dem grundsätzlichen Verbrauch, der für den Betrieb des Elektromotors notwendig ist, gibt es noch weitere Einflüsse, die den Energieverbrauch negativ beeinflussen können.


Insgesamt wurde auffällig, dass der Fahrer einen Beitrag zu einer sparsamen Fahrweise leisten kann. Wenn dies beabsichtigt wird ist jedoch ein häufiger Blick auf das Display sowie die Bremsenergierückgewinnung notwendig. Die Bremsenergie wird während der Fahrt gespeichert und kann somit die Reichweite erhöhen (CNH Industrial 2017). Der Blick auf das Display kann den Fahrer im Straßenverkehr ablenken und somit zu Gefahren führen. Zur Lösung dieses Problems könnte in eine Schulung der Fahrer investiert werden. Diese könnte dazu führen, dass die Fahrer ein besseres Gefühl für den Energieverbrauch während des Fahrens bekommen und ein ständiger Blick auf die Anzeigen nicht mehr nötig wäre. Durch die restliche Batteriekapazität, die nach den Touren noch vorhanden war, würde die tatsächlich mögliche Reichweite ca. 129-138 km betragen. Eine größere Distanz wäre nur mit Hilfe einer Zwischenladung der Batterie zu bewältigen. Vor den Testfahrten wurde befürchtet, dass die Auswirkungen von zusätzlichen Energieverbrauchern (z.B. Heizung oder Scheibenwischer) sehr groß sein können und die Reichweite des Elektrofahrzeugs stark beeinträchtigen können. Der Energie-Mehrverbrauch durch bspw. das Einschalten der Heizung war nicht so gravierend wie zuvor angenommen. Er beträgt zusätzlich zum normalen Verbrauch etwa 0,04 kWh. Außerdem ist der Anstieg der Energie-Verbrauchskurve, wenn man anstatt des ECO-Modus den POWER-Modus verwendet und den Motor während der Standzeiten eingeschaltet lässt, ebenfalls relativ gering. Zu bemerken ist jedoch, dass das zulässige Ladegewicht nicht ausgenutzt wurde, da keine palettierten Sendungen während der Testfahrten transportiert wurden. Bei dem Daily Electric besteht jedoch die Möglichkeit eine Ladebordwand anzubringen. Wenn dies der Fall wäre, könnte man ebenfalls palettierte Sendungen ausliefern. Zu beachten ist jedoch, dass sie möglichst durch eine separate Stromversorgung betrieben werden sollte, um die Reichweite des Lieferwagens nicht zu sehr zu beeinflussen. Letztendlich gibt es viele verschiedene Faktoren, die Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben können. Neben den bereits genannten Einflüssen kann die Außentemperatur ebenfalls einen Anstieg des Verbrauchs verursachen. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass das Image des Unternehmens durch die Warenlieferung mit Hilfe eines Elektrofahrzeugs verbessert werden kann. Zudem würde sich das Fahrzeug für Nachtlieferungen eignen, da es kaum Lärm verursacht. Dadurch könnten Belieferungstouren schneller durchgeführt werden, da die Verkehrsinfrastruktur nachts geringer belastet ist als tagsüber.

Im Nachhinein stellt sich die Frage, ob das Elektrofahrzeug im Vergleich zu einem Dieselfahrzeug wirtschaftlich gesehen konkurrenzfähig ist. Nach einer Fahrzeugkostenrechnung stellt sich heraus, dass Dieselfahrzeuge im Betrieb günstiger sind. Die Gesamtkosten pro Jahr betragen ca. 88% von

den Kosten für ein Elektrofahrzeug. Einen großen Einfluss auf die hohen Kosten für ein Elektrofahrzeug haben die Batteriepreise. Ein weiterer Grund liegt in der häufig verwendeten Produktionsstrategie. Die Produzenten sprechen hier von einem „Conversion-Design“ (Kampker, Vallée & Schettler 2013). Der Verbrennungsmotor wird in der gleichen Produktionsstraße durch den Elektromotor ausgetauscht. Zudem sind die Preise pro kWh ebenfalls hoch. Dies kann sich aber in den folgenden Jahren ändern. Es wird prognostiziert, dass die Batterie- sowie die Strompreise fallen werden. Jedoch wird eine geringe Änderung der Kosten noch nicht ausreichen, um das Elektrofahrzeug gegenüber dem Dieselfahrzeug wirtschaftlicher zu machen. Dennoch stellt die E-Mobilität eine gute Alternative zur bisherigen Nutzung von Verbrennungsmotoren dar. Zur Verringerung der Emissionen werden immer mehr Umweltzonen in Städten eingerichtet. Aufgrund dessen ist man zukünftig auf eine neue Transportmöglichkeit angewiesen. Zudem bieten Elektromotoren große Potentiale in urbanen Regionen, da die zurück zu legenden Distanzen nicht so groß sind wie im ländlichen Raum. Für längere Strecken ist eine Zwischenladung notwendig. Um dem Großhandelsunternehmen, das den Daily Electric getestet hat, dahingehend eine größere Flexibilität zu geben, ist es nötig, dass das Schnellladenetz ausgebaut wird. Mit dem „Combined Charging System“ (CCS) sollen die Stecker standardisiert und somit das Tanken für den Dienstleister unkomplizierter gemacht werden. Insgesamt sollen 300 Millionen Euro in das Normal- und Schnellladenetz investiert werden, um das Schnellladenetz auszubauen.

## 6.6 Expertennetzwerk Urbane Fabriken

Wie in Kapitel 5.2 beschrieben wurde zur Überprüfung und Absicherung der Qualität der Arbeit der Forscher:innen ein Forschungsbeirat aus Experten:innen verschiedenster Disziplinen, Branchen bzw. deren spezifischen Netzwerken etabliert. Dieser setzte sich aus den folgenden Mitgliedern zusammen:

<p><b>Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (AGI)</b></p> <p>Vertreter: Rainer Weber Expertise: Bauherrenvertretung, Industriebau, Standortentwicklung u.a.</p> <p>Die AGI ist der Zusammenschluss von Bau- und Liegenschaftsabteilungen deutscher Wirtschaftsunternehmen. Sie wurde 1958 mit dem Ziel gegründet, eine unabhängige Plattform für interdisziplinären Erfahrungsaustausch zu schaffen und einen unternehmensübergreifenden Wissenspool zu bilden. Zu ihren Mitgliedern zählen neben Wirtschaftsunternehmen auch im Industrie- und Gewerbebau tätige Produkthersteller, Planungsbüros, Hochschulen und bilden zusammen einen Expertenkreis aus über 300 Fachleuten aus rund 110 Unternehmen.</p> <p>Expertise Rainer Weber: Vertreter der BMW AG bei der AGI, langjähriges Mitglied im AGI Hauptausschuss und Leitung/Mitarbeit bei verschiedenen Ausarbeitungen, u.a. Leitfaden für Nachhaltigkeit. Persönliche Expertise u.a. Projektmanagement, Projektsteuerung, Kostenplanung, z.B. Leiter Projektsteuerung bei BMW Tochterunternehmen (Projekte u.a. Neubau Maschinenwesen TU München, Umbau Bundesratsgebäude Berlin).</p> <p>Neuhofstraße 9 64625 Bensheim <a href="https://www.agi-online.de">https://www.agi-online.de</a></p>	
<p><b>e-cargo Gesellschaft für kommunale Elektromobilität UG</b></p> <p>Vertreter: Dirk Fromme Expertise: Elektromobilität</p> <p>Das Unternehmen E-cargo ist spezialisiert auf die Entwicklung individueller Elektromobilitätskonzepte für Kommunen sowie kommunale und privatwirtschaftliche Unternehmen.</p> <p>In der Mark 34 44869 Bochum <a href="https://www.ecargo-logic.de">https://www.ecargo-logic.de</a></p>	

<p><b>Hochschule Osnabrück</b></p> <p>Vertreterin: Prof. Dr. Johanna Schoppengerd Expertise: Stadtplanung, Planungsrecht</p> <p>Frau Prof. Dr. Johanna Schoppengerd ist Stadtplanerin verfügt über langjährige Erfahrung im Bereich Planungsrecht und Bauleitplanung, insbesondere im Bereich Gewerbe und Gewerbeemissionen. Neben Ihrer Professur für Stadtplanung und Planungsrecht berät sie kommunale Akteure und Planungsbüros in baurechtlichen Fragen und Bebauungsplanverfahren.</p> <p>Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur Am Krümpel 33, 49090 Osnabrück <a href="https://www.hs-osnabrueck.de/de/prof-dr-ing-johanna-schoppengerd">https://www.hs-osnabrueck.de/de/prof-dr-ing-johanna-schoppengerd</a></p>	
<p><b>Innovation City Management GmbH</b></p> <p>Vertreter: Ulrich Kaak Expertise: Klimagerechter Stadtumbau industriell geprägter Quartiere</p> <p>Die InnovationCity Ruhr   Modellstadt Bottrop ist ein Projekt, mit dem weltweit erstmals ein industriell geprägtes Stadtquartier umfassend energetisch saniert werden soll. Ziel des Gesamtprojekts ist es, einen klimagerechten Stadtumbau bei gleichzeitiger Sicherung des Industriestandorts in Bottrop voranzutreiben. Konkret sollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 halbiert und die Lebensqualität gesteigert werden. Die Gesamtinitiative umfasst mehrere Themenfelder mit mehr als 300 Projekten, die unter starker Beteiligung von Eigentümern, Bewohnern und Gewerbetreibenden umgesetzt werden sollen. Im Projektgebietes befinden sich ca. 1070 Gewerbegebäude.</p> <p>Die Innovation City Management GmbH steht für den ganzheitlichen Stadtumbau der Zukunft – smart, digital und klimagerecht. Als Beratungs- und Projektmanagementgesellschaft entwickelt und realisiert sie zukunftsfähige innovative Lösungen, wie Städte und Unternehmen den Herausforderungen des Klima- und Strukturwandels begegnen können.</p> <p>Herr Dipl.-Geograph Ulrich Kaak ist als Digitalisierungsbeauftragter für die digitale Weiterentwicklung bei der Innovation City Management GmbH zuständig. Zuvor initiierte Herr Kaak als Abteilungsleiter Projekte aus allen Handlungsfeldern der ICM. Schwerpunkte lagen dabei im Bereich der Erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz. Vor der Tätigkeit bei Innovation City Management GmbH war Herr Kaak Business Consultant und Key Account Manager für ein Dortmunder IT-Systemhaus. Er verantwortete dort den Themenbereich Umwelt und betreute in erster Linie Kunden aus der Chemiewirtschaft sowie verschiedene Landesumweltbehörden im umwelt- und genehmigungsrechtlichen Kontext.</p> <p>Südring-Center-Promenade 3 46242 Bottrop <a href="http://www.icm.de">www.icm.de</a></p>	
<p><b>Mast-Jägermeister SE</b></p> <p>Vertreter: Tobias Oehlschlaeger Expertise: Technisches Facility Management</p> <p>Die Mast-Jägermeister SE ist ein Familienunternehmen mit rund 900 Mitarbeiter weltweit und zählt zu den führenden Spirituosenherstellern der Welt. Das Unternehmen ist fest in der niedersächsischen Region Wolfenbüttel verwurzelt und stellt ausschließlich dort den weltweit erfolgreichen Kräuterlikör Jägermeister her. Für die Aufgaben der Standortentwicklung und -bewirtschaftung sowie das technische Facility Management unterhält das Unternehmen ein eigenes Team an Spezialisten.</p> <p>Herr Dipl.-Ing. Architekt Tobias Oehlschlaeger hat in seiner jahrelangen Funktion bei der Mast-Jägermeister SE als leitender Architekt und Abteilungsleiter zahlreiche Projekte von der strategischen Konzeption bis zur Planung und Umsetzung geleitet. Als Bauherrenvertreter hat er dabei die Gespräche und Abstimmungen mit den Behörden und den betroffenen Nachbarn geführt. Herr Oehlschlaeger war verantwortlich für das Betreiben, die Wartung und die Instandhaltung der Gebäude und der gebäudetechnischen Anlagen. Als aus-</p>	

<p>gebildeter Energieberater ist die Optimierung von Energieeinsatz und Prozessen eine seiner Handlungsprämissen. Der Blick gilt dabei immer einer möglichst langfristigen Nutzungsdauer bei geringen Betriebskosten.</p> <p>Jägermeisterstraße 7-15 38296 Wolfenbüttel <a href="https://mast-jaegermeister.de">https://mast-jaegermeister.de</a></p>	
<p><b>Fachhochschule Bielefeld / Ebel Bauinnovation</b></p> <p>Vertreter: Prof. Dr.-Ing. Gerald Ebel Expertise: Bau- und Verkehrslogistik</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Gerald Ebel ist seit über 15 Jahren in der Beratung, Forschung und Entwicklung von innovativen Lösungen im Bauwesen und der Logistik tätig. Sein fachlicher Schwerpunkt sind die Bau- und Verkehrslogistik als Grundlage von effizienten Material- und Informationsflüssen. In seiner Haupttätigkeit lehrt er Logistik und BWL an der Fachhochschule Bielefeld. Sein Lehrschwerpunkt liegt im Studiengang Infrastrukturingenieurwesen, den er leitet. Parallel ist er seit 2016 als Beirat bei Reichel Projektmanagement tätig und berät das Unternehmen zu Fragen der Forschung und bei Innovationen. Für ihn steht bei dieser Tätigkeit die Auseinandersetzung mit der Praxis und das Gestalten von zukunftsfähigen Geschäftsprozessen im Vordergrund.</p>	  
<p><b>Sonepar Deutschland GmbH (ab 03/2017)</b></p> <p>Vertreter: Christian Teipel Expertise: Nachhaltige Entwicklung</p> <p>Sonepar Deutschland gehört zur Sonepar-Gruppe, einem familiengeführten Unternehmen mit Sitz in Frankreich und mit weltweit mehr als 2.800 Standorten in 44 Ländern und über 43.000 Mitarbeitern einer der Marktführer im Elektrogroßhandel.</p> <p>Sonepar beschäftigt sich als Handelsunternehmen verstärkt mit dem Einsatz von Elektromobilität in der Distribution und im Sinne nachhaltiger Entwicklung mit der ressourceneffizienten Vernetzung von TGA-Lösungen.</p> <p>Peter-Müller-Straße 3 40468 Düsseldorf <a href="https://www.sonepar.de">https://www.sonepar.de</a></p>	
<p><b>Hans-Joachim Rieks (unabhängig)</b></p> <p>Vertreter: Assessor Dipl.-Ing. Hans-Joachim Rieks Expertise: Corporate Real Estate, Immobilienstrategie, Standort- und Chemieparksplanung, Flächenmanagement</p> <p>Herr Rieks war Vice President im Corporate Real Estate Management eines deutschen Pharma- und Chemiekonzerns. Er ist Mitglied in der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung sowie dem AK „Standortentwicklung und Baurecht“ der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (AGI). Herr Rieks ist Gutachter des Gutachterausschusses für Grundstückswerte der Stadt Bergisch Gladbach und Lehrbeauftragter im Masterstudiengang Immobilien- und Facility Management an der FH-Münster.</p>	
<p><b>Wirtschaftsförderung Dortmund</b></p> <p>Vertreter: Ralf Finger Expertise: Logistik, Elektromobilität</p> <p>Die Wirtschaftsförderung der Stadt Dortmund verfolgt das Ziel Dortmund attraktiv für Unternehmen zu machen, Flächen zu schaffen und die Arbeitslosigkeit zu senken. Insbesondere im Bereich Logistik unterstützt die Wirtschaftsförderung Unternehmen aktiv bei der Standortsuche sowie bei Verwaltungsangelegenheiten und baut zusammen mit ihnen themenspezifische Netzwerke auf. In diesem Zusammenhang wurde gemeinsam mit der IHK zu</p>	




<p>Dortmund das Netzwerk CargoBike-Dortmund initiiert, welches die Etablierung von nachhaltiger Logistik zum Ziel hat. In Zusammenarbeit mit weiteren Partnern unterstützt CargoBike-Dortmund den Einsatz von Lastenfahrrädern für die Logistik über Dortmund hinaus.</p> <p>Töllnerstr. 9-11 44122 Dortmund <a href="https://www.wirtschaftsfoerderung-dortmund.de">https://www.wirtschaftsfoerderung-dortmund.de</a></p>	
<p><b>Wende GmbH (ab 03/2017)</b></p> <p>Vertreter: Stefan Wende Expertise: Kälte- &amp; Klimatechnik</p> <p>Die Wende GmbH ist ein hochspezialisiertes Unternehmen in den Bereichen Kälte, Klima und MSR (Messen-Steuern-Regeln). Wende arbeitet eng zusammen mit dem Beiratsmitglied Sonepar an vernetzten TGA-Lösungen und befindet sich im erweiterten Quartier des Projektpartners Flughafens Dortmund.</p> <p>Kreisstraße 51-55 58453 Witten <a href="http://www.wende-witten.de">www.wende-witten.de</a></p>	

Tabelle 6.6-21: Beschreibung der Mitglieder des Beirats

Diese Partner brachten ihre Erfahrungen aus der Praxis in das Projekt ein, profitierten ihrerseits von der engen Anbindung, interdisziplinären Vernetzung sowie dem frühzeitigen Zugang zu Forschungsergebnissen und sicherten die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse zurück in die Praxis.



Abbildung 6.6-72: Beirat und Forschungsteam von Urban Factory, Auftakttreffen am 17.11.2015

### 6.6.1 Zusammenarbeit mit dem Beirat

Für die erfolgreiche Zusammenarbeit bzw. Begleitung durch den Beirat wurden über die gesamte Projektlaufzeit regelmäßig Abstimmungstreffen mit jeweils thematisch unterschiedlichen, auf den Projektfortschritt abgestimmten Schwerpunkten durchgeführt.

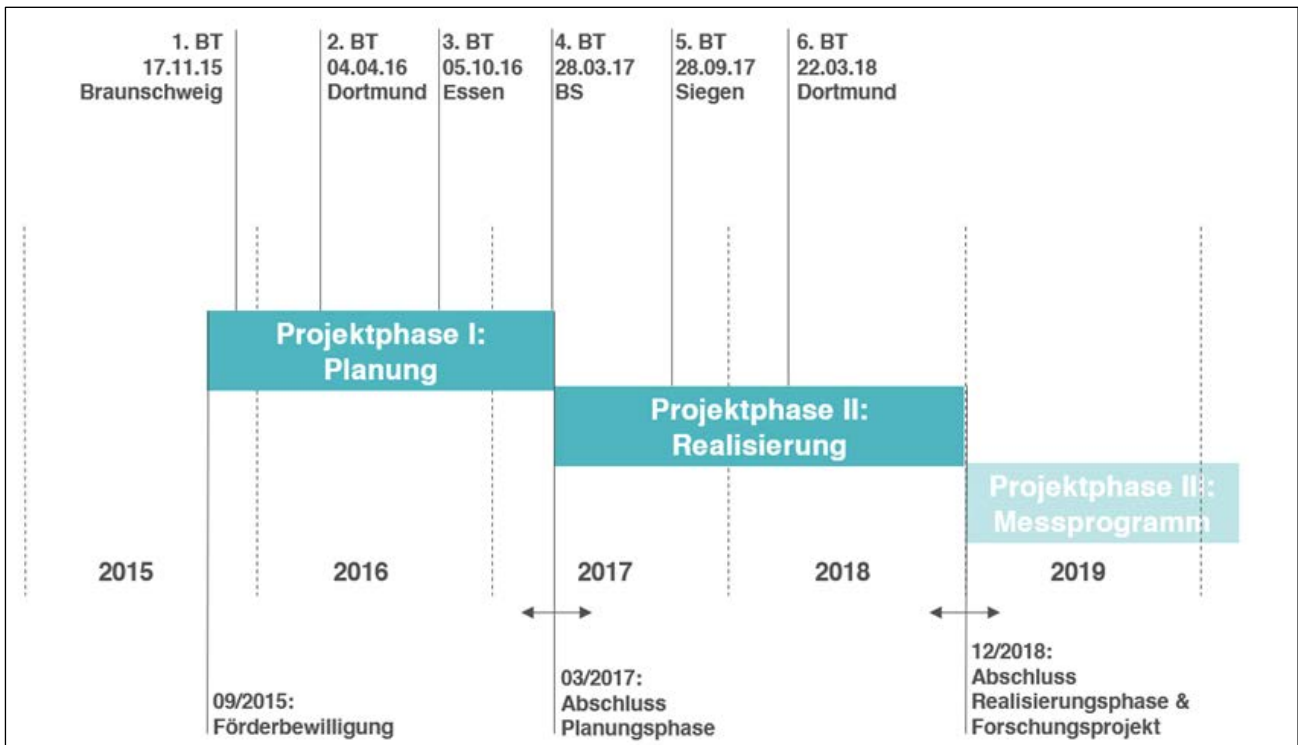


Abbildung 6.6-73: Zeitschiene der Beiratstreffen

Diese setzten sich üblicher Weise aus einem Berichtsteil zum Fortschritt von Gesamtprojekt und Pilotprojekten sowie einem Workshopteil zur aktiven Abfrage des Expertenwissens zusammen. Je nach inhaltlichem Schwerpunkt wurden z.T. vorab Aufgabenstellungen an die Beiratsmitglieder verteilt, welche die thematische Grundlage des Workshopteils der Treffen bildeten. Die Workshopformate zur interdisziplinären Ausarbeitung der Schwerpunktthemen wurden dabei jeweils zielspezifisch gewählt.

Im Folgenden eine Übersicht über Inhalte, Ziele und Ergebnisse der während des Projektverlaufs durchgeführten Beiratstreffen:


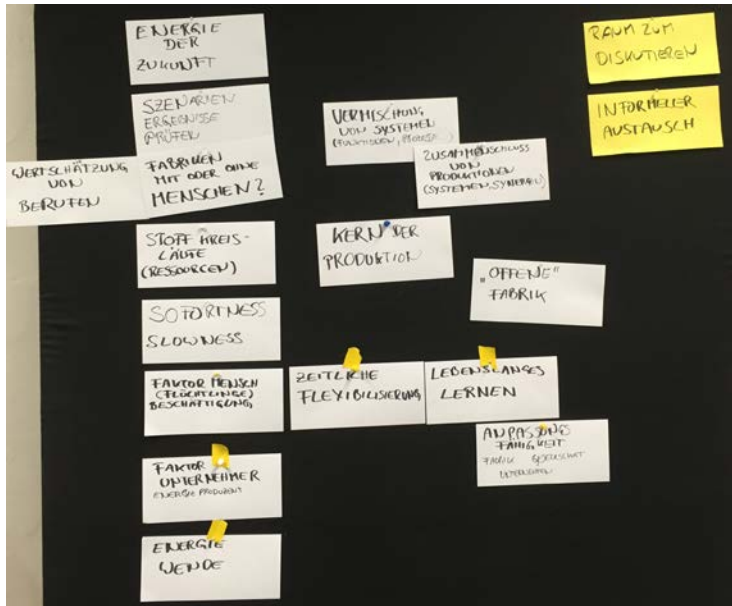
<b>Beiratstreffen 1</b> <b>am 17.11.2015 am Institut für Industriebau und Konstruktives Entwerfen (IIKE), Braunschweig</b>	
	
<b>Schwerpunkt</b>	<b>Auftakt</b>
<b>Inhalte</b>	<p>Kennenlernen aller Beteiligten Vorstellung des Gesamtprojektes, der Teilprojekte und Fallstudien Einbindung in den Forschungsschwerpunkt der TU Braunschweig „Stadt der Zukunft“ Moderierte Diskussion mit dem Beirat</p>
<b>Workshop</b>	<p>moderierte Diskussion freies Schlussgespräch</p>
<b>Ergebnisse</b>	<p>Sammlung von Interessensschwerpunkten der Beiratsmitglieder</p>  <p>Vorfreude und Interesse an der interdisziplinären Arbeit am Forschungsprojekt Urban Factory</p>

Tabelle 6.6-22: Übersicht Beiratstreffen 1

## Beiratstreffen 2

am 04.04.2016 am FG Städtebau, Stadtgestaltung und Bauleitplanung (STB), Dortmund



Schwerpunkt	Systematik
Vorbereitung	Formblatt zu Einflussfaktoren zur Integrationsfähigkeit von Fabriken ins Quartier
Inhalte	Information über aktuellen Forschungsstand Diskussion zur Gewährleistung der Praxisrelevanz des Projektes Austausch über Arbeitsgruppenergebnisse, besonders der AG Typologisierung Sammlung und Bewertung von Integrationsfaktoren (Stadt/Fabrik)
Workshop	Diskussion zu Forschungskonzept und technischer Umsetzung. Diskussion im Plenum mittels Stuhlkreis Sammlung von Einflussfaktoren samt kommentarischer Untermalung
Ergebnisse	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Im-/ Emissionen</b> Emission Umweltqualität im Bereich Lärm, Staub, Luftschadstoffe, Gerüche, Licht, Erschütterungen (Umgang mit) Emissionen, Lärm, Schadstoffe, Boden, Grundwasser etc. Schutzanspruch der Nutzungen in einem Quartier bzw. in der Nachbarschaft</p> <p><b>Image</b> Positives Image Image</p> <p><b>Verkehr</b> Parken Verkehrsbelastung Zufahrtsmöglichkeiten für den Warenverkehr Umweltschonender Verkehr Erreichbarkeit Mitarbeiter Verkehrsinfrastruktur / -anbindung</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Ökonomie</b> Schaffung von Arbeitsplätzen Arbeitsplatzangebot Kaufkraft Flächeneffizienz</p> <p><b>Ver- und Entsorgung</b> Räumliche Distanz zwischen DEW und Wärmeabnehmern Gegenseitige Abhängigkeit zwischen Anbieter und Abnehmer der Wärme Wärme/Energie Ver- und Entsorgung, Energieversorgung</p> <p><b>Sonstiges</b> Soziales / Gesellschaftliches / Kulturelles / Wirtschaftliches Engagement Nachhaltigkeitsmaßnahmen Erscheinungsbild / Bauliche Gestaltung</p> </div> </div> <p>Bestätigung des generellen Forschungskonzepts Empfehlung das Tool zur Erfassung und Bewertung der gegenseitigen Beeinflussung der Fabrik-Stadt-Typologien als „Mittel zum Zweck“ zu verstehen. Analogie zur „Partnervermittlung“ und „Eheberatung“ bei der Betrachtung von Kooperationsmöglichkeiten berücksichtigen</p>

Tabelle 6.6-23: Übersicht Beiratstreffen 2




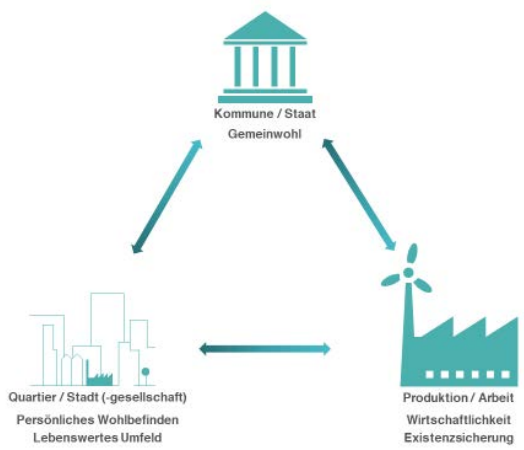
<b>Beiratstreffen 3</b> <b>am 05.10.2016 am Institut für Stadtplanung und Städtebau (ISS), Essen</b>	
	
<b>Schwerpunkt</b>	<b>Akteure</b>
<b>Vorbereitung</b>	Fragebogen zu bekannten Kooperationen zwischen Stadt und Fabrik
<b>Inhalte</b>	<p>Vorstellung der Prämissen des Forschungsprojekts und der Trends, die auf dieses einwirken mit anschließender Diskussion mit dem Beirat (vgl. Kap. 1.2 Prämissen und Kap. 3.1 Megatrends)</p> <p>Gemeinsame Identifikation der relevanten Akteure auf Seiten der Stadt (-quartier) und der Fabrik, deren Motivationen sowie möglicher Konflikte und Überwindungsstrategien.</p> <p>Vorstellung aktueller Stand der Pilotprojekte</p>
<b>Workshop</b>	<p>Identifikation der Akteure anhand eines Beispielquartiers in Dortmund.</p> <p>Zweistufiges World-Cafe an zwei Tischen mit anschließender Diskussion im Plenum.</p>
<b>Ergebnisse</b>	<p>Liste von 26 relevanten Akteuren bzw. Akteursnetzwerken</p>  <p>Motivationen können in drei Hauptbereiche unterteilt werden: Wirtschaftlichkeit/ Existenzsicherung (Fabrik), persönliches Wohlbefinden/ lebenswertes Umfeld (Stadtgesellschaft) und Gemeinwohl (Kommune)</p> <p>Stadt muss die planerische Hoheit wahrnehmen und langfristige Visionen haben.</p> <p>„Nachhaltigkeit braucht längere Amortisationszeiten“</p>

Tabelle 6.6-24: Übersicht Beiratstreffen 3



## Beiratstreffen 4

am 28.03.2017 am Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF), Braunschweig

	
<b>Schwerpunkt</b>	<b>Kommunikationsstrategien, Identifikation von Maßnahmen</b>
<b>Inhalte</b>	<p>Vorstellung Systemuntersuchungen und Veröffentlichungen (vgl. Kap. 4.2)</p> <p>Vorstellung aktueller Stand der Pilotprojekte</p> <p>Führung durch die BLB und das angrenzende Quartier</p> <p>Entwicklung von Kommunikationsstrategien im Vorfeld von Erweiterungs-, Änderungs- oder Umnutzungsmaßnahmen</p>
<b>Workshop</b>	<p>Entwicklung von Lösungsansätzen anhand verschiedener (fiktiver) Szenarien am Beispiel der BLB: Erweiterung Gebäude, Sanierung, Erweiterung Arbeitszeiträume</p> <p>Maßnahmenentwicklung, Zeitplanung, Kommunikationsstrategien</p> <p>Dreistufiges Round-Table an drei Stationen mit wechselnder Expertenbesetzung</p> 
<b>Ergebnisse</b>	Sammlung einer Vielzahl BLB-spezifischer und übertragbarer Maßnahmen urbaner Interaktion

Tabelle 6.6-25: Übersicht Beiratstreffen 4

<b>Beiratstreffen 5</b> <b>am 28.09.2017 bei Tapping Measuring Technology GmbH (TMT), Siegen</b>	
	
Schwerpunkt	Methoden und Instrumente
Inhalte	<p>Detaillierte Vorstellung der Historie und des aktuellen Stands des Projekts Energie für Geisweid (EfG) mit Schwerpunkt Herausforderungen und Hemmnisse (vgl. Kap. 6.1)</p> <p>Exkursion „Weg der Wärme“ durch Siegen und die Deutschen Edelstahlwerke (Hr. Kacar/ DEW)</p> <p>Vorstellung interdisziplinäre Erweiterungspotentiale der Fallstudie „Energie für Geisweid“</p> <p>Gastvortrag „Remonet - regionale Elektromobilität und ihre Bedingungen“ durch Dr. Daub/ Universität Siegen</p> <p>Gemeinsame Identifikation der relevanten Akteure auf Seiten der Stadt (-quartier) und der Fabrik, deren Motivationen sowie möglicher Konflikte und Überwindungsstrategien.</p>
Workshop	<p>Identifikation von Maßnahmen zur Steigerung der ressourceneffizienten Stadt-Fabrik-Kooperation am Beispiel des Pilotprojekts EfG.</p> <p>Kartenabfrage in Einzelleistung, thematische Gruppierung und Erweiterung in zwei Gruppen mit anschließender Vorstellung im Plenum.</p>
Ergebnisse	<p>Interdisziplinärer Maßnahmensammlung zu Kooperationsmöglichkeiten der Stadt Siegen, EfG und DEW</p>

Tabelle 6.6-26: Übersicht Beiratstreffen 5

## Beiratstreffen 6

am 22.03.2018 bei Sonepar Deutschland GmbH, Dortmund



Schwerpunkt	Lernendes Fabrik-Stadt-System
Inhalte	<p>Vorstellung der finalen Systematik des lernendes Fabrik-Stadt-Systems (vgl. Kap. 4.1)</p> <p>Führung durch den Sonepar-Standort Dortmund</p> <p>Vorstellung des Modellversuchs Elektromobilität in der Distribution (vgl. Kap. 6.5)</p> <p>Vorstellung der technischen Umsetzung des ‚lernenden Fabrik-Stadt-Systems‘ (vgl. Kap. 6.7)</p>
Workshop	Kartenabfrage in Einzelleistung, thematische Gruppierung und Erweiterung auf Feedback Postern.
Ergebnisse	Bestätigung der Konzeption des Anwendungstools und der Maßnahmensteckbriefe

Tabelle 6.6-27: Übersicht Beiratstreffen 6

Die Begleitung des Forschungsprojekts durch die Experten des Beirats über die gesamte Projektlaufzeit war aus Sicht des Forschungskonsortiums sowohl wichtig als auch erfolgreich. Über die Spiegelung der Ergebnisse aus der Praxis ermöglichte sie wichtige Impulse für die weitere Ausarbeitung zu geben und in wertvollen Korrekturschleifen die Ergebnisse zu überprüfen. Zudem lieferten die Experten wichtige Hinweise für die Praxistauglichkeit der wissenschaftlichen Ergebnisse.

Die Beiratstreffen mit Workshopcharakter konnten als erfolgreiches Format des Austausches, der Netzwerkbildung und des Wissenstransfers mit Vorbildcharakter für andere Forschungsprojekte etabliert werden.

### 6.6.2 Erfahrungsbericht Rainer Weber (Mitglied des Beirats)

Der Beirat eines solch langfristig angelegten Projektes hatte vor allem die Aufgabe, die eingeschlagene Richtung des Projektes „Urban Factory“ immer wieder zu überprüfen und zu bestätigen. Dazu mussten sich die unterschiedlichen Mitglieder aus den verschiedensten Bereichen des Bauens untereinander erstmal finden und auf eine gemeinsame Linie festlegen. Diese konnte natürlich während der Laufzeit des Projektes auch wieder nachjustiert werden, wenn es notwendig wurde.

Wie erfolgte nun der Wissensaufbau bzw. der Transfer des vorhandenen Wissens in den beiden Richtungen, also von den Experten zu den Beiratsmitgliedern, von Hochschulen zur Industrie, von Newcomern und erfahrenen Fachleuten? Literaturrecherche auf der eine Seite und Diskussionen über strukturierte Workshops auf der anderen Seite führten zu einem gemeinsamen Fundus, der als Basis für die Entwicklung des Tools diente.

Doch was und wem nützte das beste Werkzeug, wenn es in der Theorie stecken bleibt und nicht angewandt wird? Bauen in der Stadt ist dem Grunde nach nichts wesentlich Neues, sehr wohl aber in Verbindung mit der Energieeffizienz und bezogen auf die Verknüpfung der unterschiedlichen Nutzer, verschiedene Industriebauunternehmen oder Kommunen, um nur Beispiele zu nennen. Es gibt auf allen Seiten umfangreiches Wissen und langjährige Erfahrung, welche es anzupapfen gilt. Auch wenn Energieeinsparung und Nachhaltigkeit in den letzten Jahren richtigerweise einen immer höheren Stellenwert bekam, sind längst nicht alle Hebel in Bewegung gesetzt worden. Man denke nur an die mehrseitige Nutzung der Energie, z.B. von Unternehmen und städtischen Institutionen oder auch an die stärkere Fokussierung der Industrie auf die langfristig angelegte Einsparung von Ressourcen und damit auch Betriebskosten. Dass ein Werkzeug allein kein Umdenken erzeugt, versteht sich von selbst – dazu muss die Politik viel stärker die Vorgaben liefern, natürlich ohne nationale Alleingänge. Aber ein Werkzeug kann Hilfestellung leisten, mögliche Vernetzungen aufzeigen und Blicke in andere Richtungen öffnen.

Gerade in Deutschland haben die Unternehmen ihre Fabriken häufig in der Stadt, haben also ähnliche Themen, z.B. bezogen auf Leben mit dem kommunalen Umfeld. Dies wird vor allem im Hinblick auf Emissionsvermeidung betrachtet, an die gemeinsame Nutzung von freiwerdenden Ressourcen wird, zumindest vordergründig, nicht gedacht. Die Arbeitsgemeinschaft Industriebau hat die Möglichkeit über die Industrieunternehmen die Ergebnisse des Forschungsprojekts und das entwickelte Tool als Hilfestellung zu verbreiten und anzubieten, sei es über Vorträge bei den diversen AGI-internen Veranstaltungen oder dann in der Folge bei den Mitgliedsfirmen. Jedes Unternehmen wiederum hat interne Gremien, bei dem das Tool vorgestellt und Ergebnisse des Projekts umgesetzt werden können. Hinzu kommen die meist guten Kontakte zu den kommunalen Planungsstellen, die auch genutzt werden können. Das klappt aber auch nur, und das war immer wieder ein Thema im Beirat, wenn das Tool so gut ist, dass es Nutzen bringt und zwar in unterschiedlichen Richtungen. Aus Sicht der Wirtschaftsunternehmen kann oder ist die Betrachtung des Nutzens oft banal: Einsparung von finanziellen Mitteln, ob investiv oder bezogen auf das jährliche Budget – beides wird über Zielvereinbarungen gesteuert. Hinzukommen sollten natürlich feste Vereinbarungen mit den Partnern - projektbezogen oder als Grundlage für eine mehrjährige Zusammenarbeit. Besonders hierfür ist es wichtig über das Tool den Mehrwert des Ressourcenaustauschs verständlich zu machen.

Was nimmt man als Beiratsmitglied selbst an diesem Thema mit? Man bringt das Werkzeug in sein eigenes Unternehmen und verbreitet es natürlich, so wie bei mir, in der Arbeitsgemeinschaft Industriebau. Das ist eine eher formale Seite – die andere Seite ist persönlicher: vor allem wenn man von einem Projekt überzeugt ist, bringt es die Person fachlich weiter. Durch Diskussion mit den Beiratsmitgliedern und Experten, durch Hinterfragung des Nutzens und Erläuterung hat man selbst vielleicht am meisten davon.

Und zu guter Letzt macht es ja Spaß sich mit netten Kollegen auszutauschen, die fachlich das gleiche Interesse haben. Vielen Dank an die Projektleitung, dass ich als Beiratsmitglied dabei sein durfte und vielleicht auch ein wenig habe helfen können.

## 6.7 Bausteine für den Wissenstransfer

### 6.7.1 Wissensplattform und „Werkzeugkasten Urbane Produktion“

Die Projektergebnisse wurden für den Wissenstransfer und die Ergebnisverwertung in einem interdisziplinären Werkzeugkasten zusammengefasst. Darin enthalten sind entwickelte Methoden und Vorgehen sowie eine strukturierte Informationssammlung, die die Übertragung der Projektergebnisse in unterschiedliche Anwendungskontexte erlauben. Die Basis bildet die Strukturierung entlang der Ressourcen der urbanen Fabrik. Darauf aufbauend wurde eine Sammlung von Maßnahmen in Form von Steckbriefen geschaffen. Diese Steckbriefe können als Katalog eingesehen werden oder systematisch für Anwendungsszenarien mittels der Eingabe von Suchkriterien identifiziert werden. Zum letzteren Anwendungsfall wurde eine interaktive Softwareapplikation entwickelt, die mit einem User-Interface eine Scoring-Funktionalität zugänglich macht. Der Aufbau der Wissensplattform und das entwickelte Vorgehen zur Identifikation von Maßnahmen wurde im Buchbeitrag „Urban Factories – Identification of measures for resource-efficient integration of production systems in cities“ veröffentlicht (Juraschek, Kreuz et al. 2019).

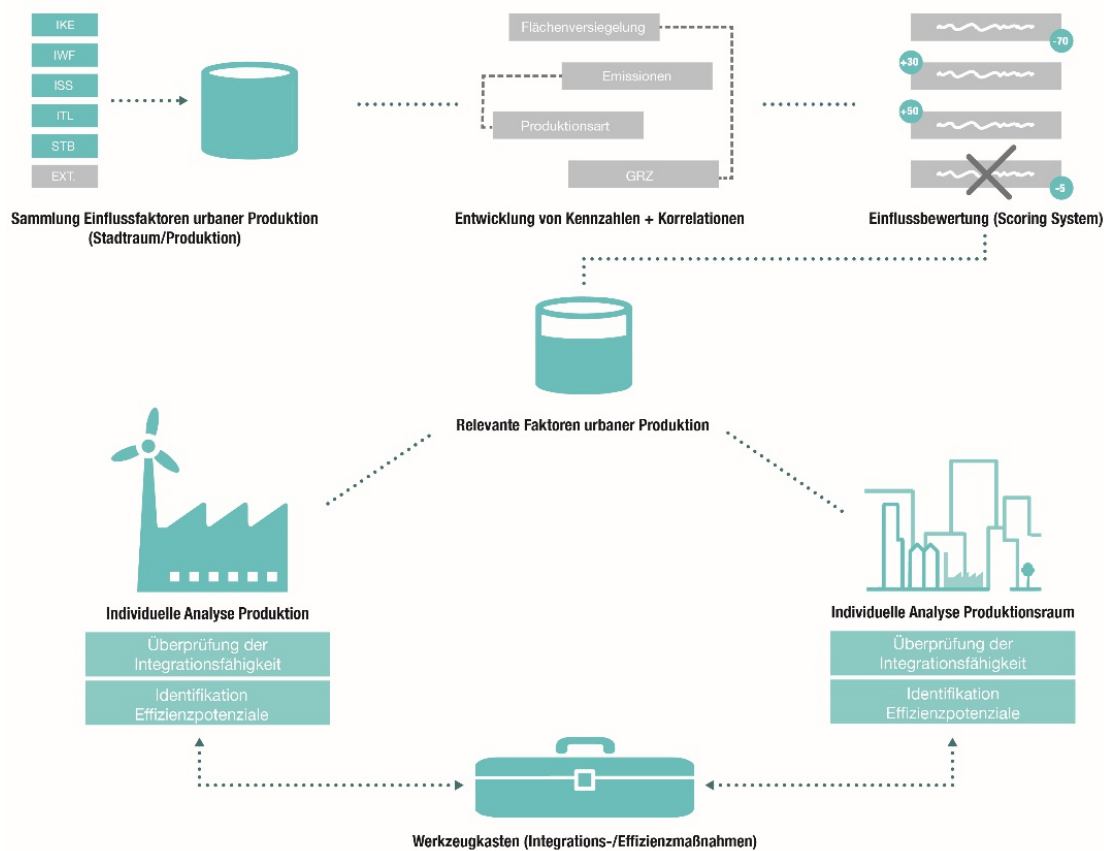


Abbildung 6.7-74: Entwickeltes Vorgehen im Projekt für die Erstellung des „Werkzeugkastens Urbane Produktion“

Um eine strukturierte Analyse und Bewertung des Fabrik-Stadt-Systems und eine anschließende Operationalisierung durch Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen zur Ressourceneffizienz zu ermöglichen, müssen die acht Schlüsselressourcen der Urban Factory in kleinere Elemente zerlegt werden. Wie in Abbildung 6.7-2 dargestellt, wird zu diesem Zweck ein dreistufiges Modell eingeführt, das sich aus den Schlüsselressourcen (Level I) entwickelt. Auf einer detaillierteren Ebene besteht jede Ressource aus mehreren Unterressourcen (Level II). In einem weiteren Schritt lassen sich diese Unterressourcen in Eigenschaften (Level III) unterteilen, die den tatsächlichen und potenziellen Austausch von Flüssen im Fabrik-Stadt-System darstellen.



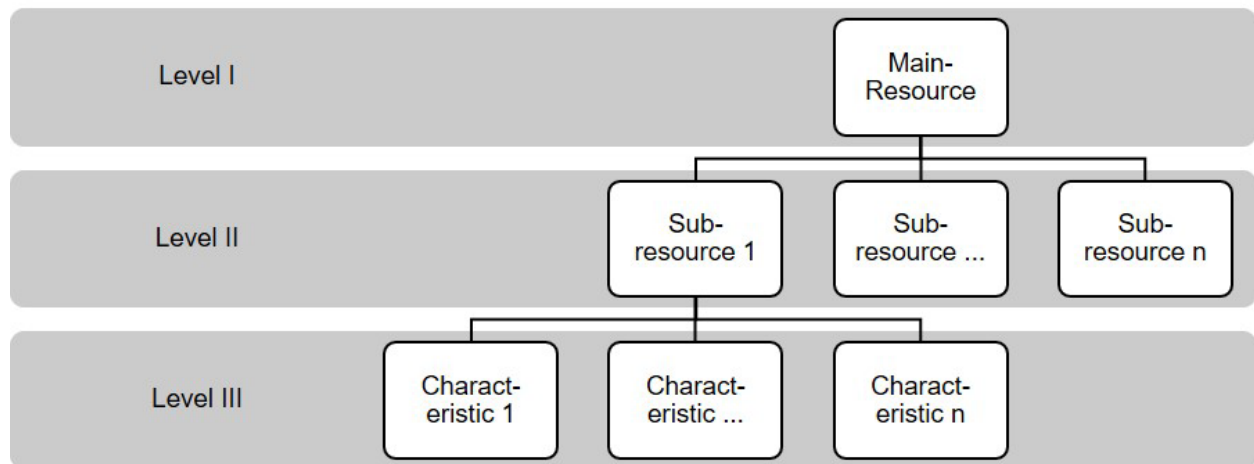


Abbildung 6.7-75: Hierarchie der Ressourcen, Sub-Ressourcen und Eigenschaften zur Auswertung

Basierend auf diesem Ansatz kann die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz des Fabrik-Stadt-Systems auf die Ein- und Ausgangsflüsse der Systemelemente bezogen werden. Um ressourceneffizientere Zustände zu erreichen, können die Eigenschaften von Produktionsstandorten in städtischen Gebieten bewertet werden, indem die Austauschbeziehungen, d.h. Angebot und Nachfrage auf beiden Seiten der Schnittstelle "Fabrikzaun", aufeinander abgestimmt werden. Es wurde festgestellt, dass auf der Schlüsselressourcenebene ein Austausch zwischen einzelnen Disziplinen und Stakeholdern möglich ist und dass der Output eines Stakeholders der direkte Input für die Aktivitäten eines anderen sein kann, wenn diese Austauschpotenziale weit genug heruntergebrochen werden.

Eine große Herausforderung besteht jedoch darin, dass Eigenschaften nicht in sich allein betrachtet operationalisiert werden können. Sie müssen in den Kontext des zu untersuchenden spezifischen Fabrik-Stadt-Systems gestellt werden und können durch einen rein generischen Ansatz nicht effektiv umgesetzt werden. Beispielsweise sind politische Überzeugungen, Expertennetzwerke, Kultur, ästhetische Empfindungen oder Wissen Aspekte, die je nach Zustand und Geschichte des Systems sehr unterschiedlich kontextualisiert werden. Die Fähigkeit dieses Potenzial zu nutzen, hängt von ihrer spezifischen Manifestation ab, was bedeutet, dass zur Operationalisierung der Eigenschaften auf der dritten Ebene verschiedene Fälle berücksichtigt werden müssen. Im Idealfall können die Eigenschaften einer bestimmten Ressource operationalisiert und quantifiziert werden. Wenn eine Quantifizierung nicht möglich ist, aber die Eigenschaften noch genutzt werden können, wird das Finden von effizienzsteigernden Maßnahmen und Maßnahmen erschwert. In diesem Fall kann ein Scoring und Rating der verfügbaren Alternativen nicht auf quantifizierbaren Indikatoren basieren, aber in den meisten Fällen ist ein relativer Vergleich ein geeigneter Workaround. Im dritten Fall ist weder eine Operationalisierung noch eine Quantifizierung von Merkmalen möglich. Dies kann für die Identifizierung geeigneter Effizienzmaßnahmen sehr schwierig sein und in den meisten Fällen können nur allgemeine Richtlinien abgeleitet werden. Auch wenn die Operationalisierung der Eigenschaften auf der dritten Ebene für einen konkreten Fall festgelegt ist, ist die Verbindung und der Austausch von Ressourcen zwischen den beteiligten Akteuren eine Herausforderung, da sie auch von den sie untersuchenden wissenschaftlichen Disziplinen abhängt. Jede Disziplin im Bereich der urbanen Produktion hat ihren eigenen Weg gefunden, um die Operationalisierung und Quantifizierung ihrer Aufgaben zu betrachten und zu bewältigen. Die Schaffung einer gemeinsamen Basis auf interdisziplinärer Ebene ist daher von großer Bedeutung.

Die Herausforderung besteht weiterhin darin, geeignete Maßnahmen und Aktionen für spezifische Fälle von städtischen Fabriken zu identifizieren. Zu diesem Zweck kann das Fabrik-Stadt-System als Unterstützungsinstrument auf Basis der Ressourcen der städtischen Fabrik und des Drei-Stufen-Modells implementiert werden. Dies ermöglicht die Unterstützung einer Fabrikanalyse und die Verbesserung der Ressourceneffizienz aus ganzheitlicher Sicht. Wie in Abbildung 6.7-3 dargestellt, besteht das entwickelte Fabrik-Stadt-System aus drei Hauptelementen.

Das erste Element ist die Analyse der bestehenden und potenziellen Austauschbeziehungen zwischen einer Fabrik und dem städtischen Umfeld. Zu diesem Zweck werden alle Merkmale für jede Ressource hinsichtlich ihrer möglichen Verbindung mit dem anderen Subsystem bewertet. Diese Faktoren werden nach ihrem Auftreten im konkreten Fall bewertet und können vereinfacht als (potenzielles) Angebot oder Nachfrage klassifiziert werden. Werden beispielsweise Produkte in einer Fabrik hergestellt und dem lokalen Markt angeboten, kann eine Nachfrage nach diesen Produkten durch die Verbindung beider Systeme erfüllt werden. Ähnlich verhält es sich, wenn eine Fabrik Abwärme anbietet, könnte dies den Energiebedarf von Wohngebäuden in unmittelbarer Nähe decken. In beiden Fällen könnte die Gesamtressourceneffizienz verbessert werden. Das zweite Element des Fabrik-Stadt-Systems ist eine Sammlung von Handlungsoptionen. Es besteht aus einer strukturierten Datenbank mit generischen Methoden und Maßnahmen, die hinsichtlich ihres Vorhabens, des gewünschten Ergebnisses und weiterer Informationen wie Herausforderungen, Best-Practice-Fälle und beteiligte Interessengruppen beschrieben werden. Als drittes Element des Systems verbindet eine methodenbasierte Entscheidungsunterstützungsfunktionalität die beiden anderen Elemente, mit der es ermöglicht wird, die tatsächlichen städtischen Fabriken mit den folgenden Elementen zu verbinden.

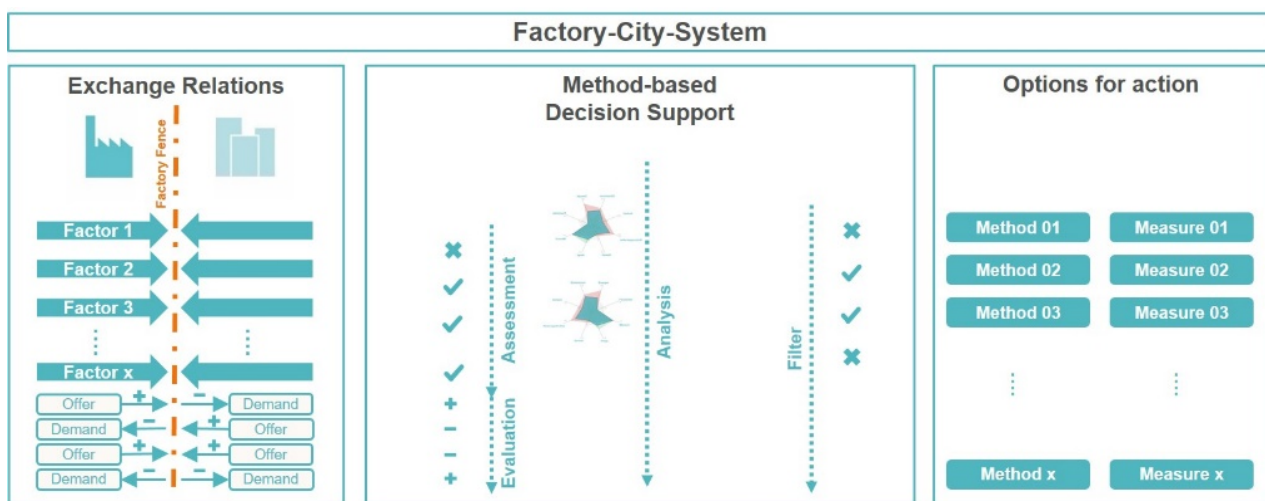


Abbildung 6.7-76: Die Elemente des Fabrik-Stadt-Systems (© Urban Factory)

Die entwickelte Methodik wurde als plattformübergreifende Softwareanwendung implementiert und in einer Fallstudie zur Bewertung angewendet. Die generalisierte Systemarchitektur ist in Abbildung 6.7-3 dargestellt. Ziel der Implementierung ist es, die Methodik für die am städtischen Fabriksystem beteiligten Akteure zugänglich zu machen. Als Interessenvertreter gelten alle Personen, die an der Planung und dem Betrieb eines (potenziell) angeschlossenen Teilsystems mit der städtischen Fabrik beteiligt sind. Der Fokus liegt auf den Nutzern aus Unternehmenssicht (d.h. aus der urbanen Fabrik), aus administrativer Sicht (d.h. aus der Kommune) oder aus einer anderen beteiligten Disziplin (d.h. Logistik, Architektur, Energieplanung oder Stadtplanung). Die Kernherausforderung liegt in dem Algorithmus, der den spezifischen Fall der städtischen Fabrik mit geeigneten Verbesserungsmaßnahmen aus der Datenerhebung verbindet. Diese Aufgabe, einen konkreten Fall zu bewerten und anschließend passende Aktionen oder Maßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung zu identifizieren, findet sich in zahlreichen Anwendungen mit entsprechend vielen verschiedenen Ansätzen. Beispiele für solche entscheidungsunterstützenden Anwendungen finden sich zur Verbesserung der Ressourcenteilung in Produktionsnetzwerken (Kádár, Egri, Pedone, & Chida 2018), zur Steigerung der Energieeffizienz (Krones & Müller, 2014) oder Transparenz (Posselt, 2016) in Produktionssystemen durch Bereitstellung geeigneter Maßnahmen und Technologien, zur Identifizierung von Matching-Partnern in der Online-Dating (Rudder 2013) oder zur Suche nach geeigneten Partnern für den Ressourcenaustausch im Rahmen des oben genannten Konzepts von industrieller Symbiose (Capelleveen, Amrit, & Yazan 2018). Um eine Schnittstelle zum Fabrik-Stadt-System zu implementieren, ist ein Matching-Ansatz von spezifischen urbanen Fabrikfällen mit einem geeigneten Scoring-Algorithmus erforderlich. Allen Effizienzmaßnahmen aus der Datenerhebung werden Parameter hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf bestimmte Ressourcen, Interessengruppen und deren räumliche und zeitliche Merkmale (z.B. kurzfristige, lokale Wirkung) zugeordnet. Der Algorithmus wurde als Ableitung

aus formulierten Wichtigkeitskriterien entwickelt, die in zwei Workshops mit Experten aus Industrie und Forschung zur städtischen Produktion abgeleitet wurden, wobei die Reihenfolge der absteigenden Bedeutung angegeben wurde:

- ▶ Ziel: Erfüllung der Eingabe-Kriterien des Users
- ▶ Positive Wertung für Übereinstimmungen mit jeder vom User gewünschten Ressource, jedem Akteur und jeder räumlichen und zeitlichen Ausprägung
- ▶ Negative Wertung für die Nicht-Erfüllung der User-Eingaben
- ▶ Negative Wertung für die Über-Erfüllung der User-Eingaben
- ▶ Die Über-Erfüllung erzeugt niedrigere negative Wertungen als die Nicht-Erfüllung
- ▶ Ressourcen sind priorisiert über Akteure und Ausprägungen

Zusätzlich wurde die Anforderung formuliert, dass der Bewertungsalgorithmus Abschnitte (d.h. Ressourcen, Akteure oder zeitliche/räumliche Ausprägungen) ignorieren sollte, in denen keine Benutzereingaben gemacht wurden. Die Anforderungen und Wichtigkeitskriterien wurden bei der Umsetzung mit den folgenden Definitionen erfüllt:

$$so_m = t \cdot sr_m + u \cdot ss_m + v \cdot sc_m \quad (1)$$

with  $so_m$ : overall score for measure  $m$ ;  $sr_m$ : resource matching score for measure  $m$ ;  $ss_m$ : stakeholder matching score for measure  $m$ ;  $sc_m$ : characteristics matching score for measure  $m$ ;  $m = 1, \dots, n$  with  $n$ : number of measures in database;  $t, u, v$ : weighting parameters.

Beispielhaft kann die Berechnung der Elemente des Wertungsergebnisses für die Übereinstimmung der Ressourcen formuliert werden als:

$$sr_m = w \cdot a_m + x \cdot b_m + y \cdot c_m + z \cdot d_m \quad (2)$$

with  $w, x, y, z$  as weighting parameters for representation of the importance criteria;  $a_m$ : scoring value for matching resources of measure  $m$  with the user input;  $b_m$ : scoring value for matching non-fulfilled resources of measure  $m$  with the user input;  $c_m$ : scoring value for over-fulfillment of resources of measure  $m$  regarding the user input;  $d_m$ : scoring value for under-fulfilling resources required from user input of measure  $m$ .

Alle Bewertungswerte werden durch Zählen der Erfüllung oder Nicht-Erfüllung der vorgegebenen Anforderungen berechnet, indem die Benutzereingaben mit den zugeordneten Werten der untersuchten Maßnahme verglichen werden. Im Falle eines positiven Matchings von Ressourcen für eine bestimmte Maßnahme  $m$  kann dies wie folgt geschrieben werden:

$$a_m = \sum_{l=1}^8 K_{m,l} \quad \text{with} \quad K_{m,l} = \begin{cases} 1 & \text{if } UR_{m,l} \wedge MR_{m,l} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$UR_{m,l}$ : User input on resource  $l$ ;  $MR_{m,l}$ : Associated impact with resource  $l$  of measure  $m$ .

Das gleiche Verfahren wird für alle anderen Scoring-Werte durchgeführt. In mehreren Testläufen wurden gute Bewertungsergebnisse mit den folgenden Werten für die Gewichtungparameter erzielt:

$$t = 1, \quad u = 0.5, \quad v = 0.5 \quad (4)$$

$$w = 1, \quad x = 0, \quad y = -0.5, \quad z = -1 \quad (5)$$

Die daraus resultierenden Scoring-Werte werden für jede Kennzahl auf jede Benutzeranfrage hin berechnet und anschließend als Bewertungskriterien zur Identifizierung geeigneter Kennzahlen zur Entscheidungsunterstützung herangezogen.

Der Gesamtworkflow der exemplarischen Anwendung wurde auf Basis der Definition von Benutzerreisen nach einem beschleunigten Designsprint gestaltet (Knapp, Zeratsky & Kowitz 2016). Alle User-Journeys wurden von dem übergeordneten Ziel erstellt, eine Analyse eines ausgeprägten Fab-

rik-Stadt-Systems auf der Grundlage der Eingaben der Nutzer anzubieten und anschließend umsetzbare Maßnahmen zur Verbesserung der Ressourceneffizienz dieses Systems in Bezug auf die acht wichtigsten Ressourcen der urbanen Fabrik zu empfehlen.

In einem ersten Schritt identifiziert der Benutzer seine Ziele für die Anwendung des Systems und klärt, ob spezifische Konflikte zwischen den Beteiligten gelöst werden sollen, die Effizienz einer bestimmten Ressource verbessert werden soll oder ob eine ganzheitliche Analyse erforderlich ist. Nach der Zielvorgabe stellt der Nutzer fallbezogene Daten über die Eigenschaften der zu untersuchenden Fabrik und des Stadtteils zur Verfügung. Im nächsten Schritt werden diese Daten verarbeitet und mit den vordefinierten, generischen Kennzahlen und Methoden in der Datenbank verknüpft. Im Backend wird eine Bewertung aller verfügbaren Kennzahlen durchgeführt und die Ergebnisse dem Anwender strukturiert präsentiert. Mit diesem Hintergrundwissen können Maßnahmen zur Steuerung des Flusses von Output- und Input-Ressourcen identifiziert werden, die bisher nicht genutzt wurden. Auf der Grundlage dieser Bewertung werden dem Nutzer Handlungsempfehlungen zusammen mit kontextbezogenen Informationen über Nutzenpotenziale, Herausforderungen und Referenzfälle sowie den damit verbundenen Stakeholdern angeboten.

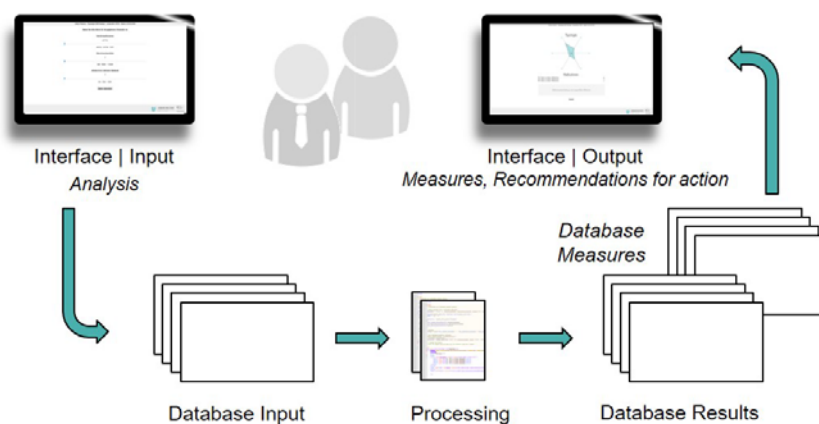


Abbildung 6.7-77: Ablaufdiagramm der Identifikation geeigneter Verbesserungsmaßnahmen für das Fabrik-Stadt-System

Für den Implementierungs-Workflow wurde eine plattformübergreifende ausführbare Anwendung mit einer zugrundeliegenden Datenbank von Effizienzmaßnahmen entwickelt, die aus Literatur, Branchenexperten und Best-Practice-Fällen zusammengestellt wurde. Es wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts zu urbanen Fabriken mit Partnern aus Forschung und Industrie durchgeführt und konzentrierte sich auf die Anwendbarkeit in realen Fallstudien. In diesem Zusammenhang wurden die als Pilotprojekt behandelten Fallstudien betrachtet. Das Testverfahren beinhaltete die Datenerhebung für die Fallstudien und die Durchführung des beschriebenen Workflows, um die Eignung der vom System vorgeschlagenen Effizienzsteigerungsmaßnahmen für jede städtische Fabrik zu beurteilen. Verschiedene Ausgangsziele wurden als Ausgangspunkte in das System eingegeben und die bereitgestellten Ergebnisse ausgewertet. Die Benutzeroberfläche für die übergeordnete Eingabe von Benutzereingaben und eine exemplarische Effizienzmessung durch die Anwendung sind in Abbildung 6.7-5 dargestellt. Die entwickelte Anwendung wurde gefunden, um den Identifizierungsprozess von potenziell geeigneten Effizienzsteigerungsmaßnahmen innerhalb der Fallstudien zu unterstützen und allgemein über mögliche Maßnahmen und Aktionen im Zusammenhang mit städtischen Gegebenheiten zu lernen.

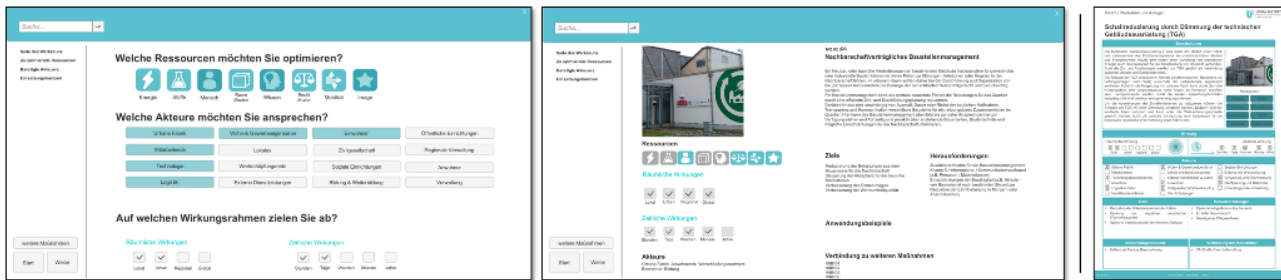


Abbildung 6.7-78: Screenshots der Software-Applikation mit Darstellung des User Interfaces (links) und einer identifizierten Verbesserungsmaßnahme (Mitte). Im korrespondierenden Maßnahmenkatalog ist für jede Maßnahme eine papierbasierte Version verfügbar (rechts)

## 6.7.2 Veröffentlichungen

Im Rahmen des Verbundprojekts wurde eine Vielzahl an Veröffentlichungen in unterschiedlichen Publikationskanälen erstellt. Eine Übersicht der wichtigsten Beiträge ist in dem folgenden Textabschnitt zusammengefasst.

Es wurde im Magazin der Singapore's National Environment Agency die Vision einer urbanen „Positive Impact Factory“ beschrieben (Herrmann & Juraschek, 2017). Die Umweltauswirkungen verteilter Produktionssysteme im Vergleich mit einem zentralisierten Produktionssystem wurden anhand der Fallstudie der Produktion von Brillengestellen untersucht (Cerdas, Juraschek, Thiede, & Herrmann 2017). Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für die weitere Bewertung verteilter Produktion im urbanen Raum. Im ersten Projektjahr haben sich Kommunikation und Visualisierung im maßstabsübergreifenden und interdisziplinären Umfeld der urbanen Produktion als große Herausforderung erwiesen.

Als innovativer Ansatz wurde am IWF die Nutzung von digitaler Spielertechnologie als ansprechendes und leicht verständliches Simulationswerkzeug untersucht und unter dem Titel „Utilizing Gaming Technology for Simulation of Urban Production“ in der Zeitschrift *Procedia CIRP* veröffentlicht werden (Juraschek, Herrmann, & Thiede 2017). Darauf aufbauend wurde der 1. Braunschweiger HoloHack 2017 am IWF in der Lernfabrik als mehrtägige Veranstaltung und deutschlandweiter Wettbewerb veranstaltet. Unter der Themenvorgabe „Stadt der Zukunft und Produktion der Zukunft“ wurden innovative Anwendungskonzepte durch die teilnehmenden Teams entwickelt mit Unterstützung der Expert\*innen des Projekts Urban Factory und aus Forschung und Wirtschaft.

Eine Analyseverfahren wurde in Analogie zum Konzept der „Ökotone“ aus der Geoökologie in der Publikation „Urban Factories: Ecotones as Analogy for Sustainable Value Creation in Cities“ veröffentlicht und mit einem Vortrag bei der 1. Interdisziplinären Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung 2016 vorgestellt (Juraschek, Vossen, Hoffschroer, Reicher, & Herrmann, 2016). Diese Arbeit wurde im Jahr 2018 in ein Buchkapitel für den deutschsprachigen Raum übertragen (Juraschek, Vossen, Hoffschroer, Reicher, & Herrmann 2018). Eine inhaltliche Beschreibung dieser Arbeiten ist im Kapitel 4 dargestellt.

Im Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken konnte in einer an ein Fachpublikum adressierten Publikation der Beitrag „Potenziale und Herausforderungen der Produktion in Städten“ veröffentlicht werden (Juraschek, Thiede, & Herrmann, 2018). Damit konnten die grundlegenden Betrachtungsweisen und Projektergebnisse des Verbundvorhabens Urban Factory zugänglich gemacht werden. Neben der Beschreibung von Potenzialen, Analysemethoden und Lösungsbausteinen zur urbanen Produktion wurde eine Liste der wichtigsten Akteure ausgehend vom Produktionssystem einer Fabrik publiziert, die u.a. während der Arbeit mit dem Projektbeirat entstanden ist.

Im Rahmen der Conference Proceedings des 10th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing wurde ein Beitrag mit dem Titel „Urban Factories - Identifying Products for Production in Cities“ veröffentlicht und als Keynotebeitrag präsentiert. Eine Veröffentlichung im Rahmen einer E-Book Publikation dieses Beitrages erfolgte im Jahr 2019 (Herrmann, Juraschek, Kara, & Thiede, 2019). Aufbauend auf der Identifikation der durch die in einer urbanen Fabrik hergestellten Produkte verursachten Wechselwirkungen zwischen Fabrik und Stadt



wurde eine Systematik für die Bewertung von Produkten bezüglich ihrer Eignung für die Herstellung in Städten erstellt. Anhand von mehreren Fallstudien wurde dieses Vorgehen beispielhaft erprobt und angewendet.

Das für einen Vortrag auf dem 8. Wissenschaftsforum Mobilität (2016) eingereichte Paper wurde unter dem Titel „Einsatzfelder von eLastenrädern im städtischen Wirtschaftsverkehr - Untersuchung anhand der Fallstudie cargoSurfer“ veröffentlicht (Kreuz & Clausen, 2017).

Aus der Zusammenarbeit des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik mit dem Lehrstuhl von Prof. Sami Kara der University of New South Wales im Rahmen der Joint German-Australian Research Group (JGARG) konnten mehrere Forschungsarbeiten im Projektkontext publiziert werden. Neben der bereits genannten Veröffentlichung „Utilizing Gaming Technology for Simulation of Urban Production“ wurde eine empirische Studie zur lebenszyklusorientierten Analyse urbaner Fabriken durchgeführt (Juraschek, Becht, et al., 2018). Neben der erfolgten Datenerhebung konnte damit ein neuartiges Vorgehen entwickelt werden, das im Projektverlauf im Pilotprojekt Battery Lab-Factory zum Einsatz gekommen ist. Darüber hinaus wurden gemeinsam vergleichende Lebenszyklusbewertungen von urban produzierten Produkten konzipiert und durchgeführt (Juraschek, Becker, Thiede, Kara, & Herrmann, 2019) sowie eine ganzheitliche Betrachtung der Planung urbaner Fabriken mittels eines objektorientierten Ansatzes entworfen (Abdoli, Juraschek, Thiede, Kara, & Herrmann, 2019).

Der potenzielle Beitrag zur nachhaltigen urbanen Entwicklung durch ressourceneffiziente urbane Fabriken wurde durch die Forschungspartner des Projekts Urban Factory systematisch an Hand der Ziele für eine nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals) abgeleitet und in der Zeitschrift Procedia CIRP veröffentlicht (Juraschek, Bucherer, et al., 2018). Über Effizienz hinausgehend und die Potenziale von Effektivitätsprinzipien beschreibend, setzte sich auch der Buchbeitrag „Die Handlungsfelder effektiver Stadtfabriken für die nachhaltige Entwicklung im urbanen Raum“ mit dem Beitrag urbaner Fabriken zur nachhaltigen urbanen Entwicklung auseinander (Juraschek, Büth, & Herrmann, 2019).

Im Format eines Forschungsberichts wurden im Dezember 2018 die Definitionen der Ressourcen der urbanen Fabrik frei zugänglich (Open Access) im Eigenverlag der TU Braunschweig veröffentlicht. In der Publikation mit dem Titel „Die Ressourcen der urbanen Fabrik - Definitionen und Erläuterungen aus dem Forschungsprojekt Urban Factory“ werden die acht Schlüsselressourcen sowie weitergehende Definitionen erläutert und damit die Grundlage für die Bewertbarkeit der Verbindung von Stadt und Fabrik gelegt (Juraschek, Kreuz, et al., 2018).

Die für die Bausteine für den Wissenstransfer entwickelte Software Applikation und das zu Grunde liegende Bewertungsverfahren für die Identifikation geeigneter Maßnahmen wurde in dem Buchbeitrag „Urban Factories – Identification of Measures for Resource-Efficient Integration of Production Systems in Cities“ veröffentlicht (Juraschek, Kreuz, et al., 2019). Darin werden die grundlegende Konzeptionierung der Anwendung und der Maßnahmenammlung sowie die verwendeten Algorithmen beschreiben.

### **6.7.3 Teilnahme an Veranstaltungen und Vorträgen**

Im Oktober 2016 wurde das Forschungsprojekt Urban Factory und aktuelle Arbeitsergebnisse in einer Präsentation als „Research Presentation“ am Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech) in Singapur vorgestellt. In der anschließenden Diskussion und im folgenden fachlichen Austausch konnten wichtige Inhalte und Aspekte zu urbaner Produktion aus der Perspektive der hoch verdichteten Metropole Singapur in die weitere Forschungsarbeit aufgenommen werden, insbesondere zu den Themenfeldern Bewertung von Raum- und Flächenverfügbarkeit sowie Konzepte der urban-industriellen Symbiose und Kreislaufwirtschaft.

Die erste wissenschaftliche Veröffentlichung aus dem Verbundprojekt wurde im Dezember 2016 bei der 1. Interdisziplinären Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung an der Universität der Bundeswehr Hamburg einem Fachpublikum im Rahmen eines Vortrags vorgestellt. Es folgte ein intensiver Austausch während und auch im Nachgang der Veranstaltung. Dabei konnten neue Konzepte der (urbanen) Wertschöpfung identifiziert werden.

Bei der 24<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering, veranstaltete von der CIRP STC-A in Kamakura, Japan, wurde im März 2017 die Veröffentlichung „Utilizing Gaming Technology for Simulation of Urban Production“ präsentiert. Damit konnte der Grundstein für die Vernetzung für das Themenfeld urbane Produktion in der Internationale Akademie für Produktionstechnik (*College International pour la Recherche en Productique (CIRP)*) gelegt werden.

Im Zuge der CIRP 67th General Assembly im August 2017 in Lugano wurde unter dem Vorsitz von Prof. Dr.-Ing. C. Herrmann die „Collaborative Working Group on Urban Factories“ konstituiert, die das Thema „urbane Produktion“ auf internationaler Ebene der Produktionsforschung zu großer Sichtbarkeit verhilft. Gleichzeitig wurde damit die Möglichkeit geschaffen, hochwertige Beiträge aus einer renommierten Forschungsvereinigung zu den Projektthemen von Urban Factory zu erhalten.

Weiterhin wurden im November 2017 die aktuellen Ergebnisse des HoloHack und der Bezug zum Projekt Urban Factory beim 10. Forum Wissenschaftskommunikation in Braunschweig im Rahmen eines Gemeinschaftsstandes mit der Pressestelle der TU Braunschweig vorgestellt.

Im November 2017 wurde ein Keynote-Vortrag bei dem 10<sup>th</sup> International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, organisiert von der NCKU, Taiwan, vor einem Publikum aus Wissenschaft und Industrie gehalten. Die korrespondierende Veröffentlichung „Urban Factories - Identifying Products for Production in Cities“ wurde in den Conference Proceedings den Fachbesuchern zugänglich gemacht und die Thematik in einer konstruktiven Diskussion vertieft.

Im Rahmen des 3. Projektleitertreffen von Energiewendebauen, der wissenschaftlichen Begleitforschung des BMWi, wurde in Berlin im Dezember 2017 das Forschungsprojekt und der aktuelle Arbeitsstand vorgestellt und im Plenum sowie in anschließenden Gesprächen mit den Experten der thematisch verwandten Projekte des 7. Energieforschungsprogramms und den Vertretern von BMWi und PTJ diskutiert. Hier konnten die bisherigen Arbeitsergebnisse bestätigt werden, neue Impulse aufgenommen und die Vernetzung und Abgrenzung zu anderen Projekten vorangetrieben werden.

Das interdisziplinäre Team von Urban Factory war im März 2018 dazu eingeladen das Forschungsprojekt Urban Factory und aktuelle Arbeitsergebnisse vor den Experten des Arbeitskreises Standortentwicklung der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (AGI) in Leverkusen zu präsentieren und hernach mit diesen intensiv zu diskutieren. Aus dem fachlichen Austausch konnten wichtige Impulse aus der Perspektive der Entscheider bei Bau- und Liegenschaftsabteilungen deutscher Wirtschaftsunternehmen für die weitere Bearbeitung des Forschungsprojekts aufgenommen werden.

Während der 25<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering an der DTU, Kopenhagen im April 2018 wurden zwei wichtige Teilergebnisse des Projekts Urban Factory der Öffentlichkeit präsentiert. Passend zum Thema der Konferenz wurde eine Analyse des potenziellen Beitrags urbaner Fabriken zur nachhaltigen Entwicklung von Städten vorgestellt sowie die entwickelte Methode zur lebenszyklusorientierten Untersuchung von urbanen Fabriken.

Eine Keynote Vortrag und die Teilnahme an den Workshops beim 6. Hochschultag der Nationalen Stadtentwicklungspolitik, veranstaltet durch die Deutsche Akademie für Städtebau und Landesplanung sowie durch das Bundesministerium des Inneren im Juni 2018 in Berlin. Weiterhin wurde ein schriftlicher Beitrag für den Ergebnisbericht verfasst und ein Beitrag für das Magazin Stadt Denken erstellt. Insbesondere die politische Sichtbarkeit dieser Veranstaltung ermöglichte eine gute Verbreitung und Sichtbarkeit der Projektergebnisse aus Urban Factory.

Im Oktober 2018 ist die Teilnahme an der 1<sup>st</sup> International Conference on Production in Urban Environments in Belgrad, gemeinsam veranstaltet von der Universidade de Minho und University of Belgrade, zu verzeichnen. Im Rahmen eines Vortrages konnte auf internationaler Ebene das Projekt Urban Factory vorgestellt und aus einem interdisziplinärem Kreis Beiträge zur Gestaltung der Schnittstelle Fabrik-Stadt gewonnen werden.

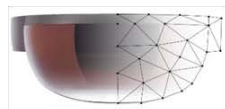
Ausgehend von der Präsentation beim 6. Hochschultag der Nationalen Stadtentwicklungspolitik wurde das IWF eingeladen zur Teilnahme am Fachgespräch "Neue Räume für die produktive Stadt" des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung im März 2019. Mit einem Vortrag, der Teil-

nahme an der anschließenden Diskussion und mit einem Beitrag für eine Broschüre zur Dokumentation des Fachgesprächs konnte das Thema urbane Produktion auf dieser Ebene gut dargestellt und aktuelle Herausforderungen sowie Effizienzpotentiale dargestellt werden.

Im März 2019 wurden die im Rahmen des Projekts entwickelte Systematik zur Identifikation von Maßnahmen zur ressourceneffizienten Integration von Produktion in Städte und die dafür entwickelte Anwendung auf der 4th Interdisciplinary Conference on Production, Logistics and Traffic (ICPLT) an der Technischen Universität Dortmund vorgestellt und mit der interdisziplinären Zuhörerschaft aus Forschung und Praxis intensiv diskutiert. Sie geht einher mit der Veröffentlichung des Beitrags als Teil der Proceedings im Buch „Advances in Production, Logistics and Traffic“, erschienen im Springer Verlag.

#### 6.7.4 Hackathon – „HoloHack“

Im September 2017 fand an der Technischen Universität Braunschweig unter Leitung des IWF der 1. Braunschweiger HoloHack statt. Studentische Teams aus ganz Deutschland traten gegeneinander an und entwickeln in 24 Stunden Mixed-Reality Anwendungen für die Stadt der Zukunft und die Produktion der Zukunft. Neben der Verbreitung der Projektmotivation und bereits erarbeiteten Inhalten aus Urban Factory konnten neue Erkenntnisse gewonnen werden, wie neuartige Mixed Reality Technologie im Kontext urbaner Produktion die Visualisierung und Kommunikation komplexer Inhalte verbessern kann. Während des mehrtägigen HoloHack-Events wurden vielversprechende Anwendungskonzepte an der Schnittstelle Produktion und Stadt durch die Teams entwickelt ([www.holohack.de](http://www.holohack.de)).



## HoloHack 2017

1. Braunschweiger Mixed-Reality Hackathon  
15.-17. September | [HoloHack.de](http://HoloHack.de)

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik **IWF**

**Die Lernfabrik**  
Forschungsfabrik | Experimentierfabrik | Ausbildungswerkstatt

**UF URBAN FACTORY**  
Entwicklung ressourceneffizienter  
Fabriken in der Stadt



A **hackathon** is an event, in which teams of software developers, engineers, programmers, graphic- and web-designers work and "hack" together on the development of software over a certain period of time. The topics and the available time will be determined by the organizers. The results are then presented to a jury and the best teams are rewarded with prizes.

"**Mixed Reality**" stands for the mixture of a user's natural perception with digital, computer-generated content. The boundaries between real and computer-generated elements become blurred, real and digital objects coexist and interact in real time. To do this, a device must have the ability to perceive the real environment and place the digital objects correctly in it.

Abbildung 6.7-79: Ankündigung für den HoloHack 2017 zur Produktion und Stadt der Zukunft

In der dreitägigen Veranstaltung wurde das Microsoft HoloLens als Hardware-Gerät eingesetzt und die Teilnehmer wurden aufgefordert, Anwendungen zu entwickeln, die die Produktion der Zukunft und das Leben in der Stadt verbessern können. Während der Veranstaltung wurde unter den Teilnehmern eine umfragebasierte Auswertung durchgeführt, um den potenziellen Nutzen der Organisation eines Hackathons in einer Lernfabrik zu bewerten. Der HoloHack wurde als gutes Format bestätigt, um eine neue Technologie intensiv kennenzulernen (4,4 von 5 Punkten, basierend auf 22 Befragten). Auch der Ort einer produktionsbezogenen Lernfabrik in der Stadt wurde sehr positiv

bewertet (4,7/5). Die Selbsteinschätzung der Teilnehmenden hinsichtlich ihrer Fähigkeiten in den HoloHack-Themenbereichen hat sich durch den Hackathon von zunächst 2,5/5 auf 3,2/5 erhöht.

Im Untersuchungsgebiet in Braunschweig wurde für das Forschungsprojekt die Methode des Hackathons nutzbar gemacht. Das IWF hat daraufhin federführend einen HoloHack organisiert und durchgeführt. Vom ISS wurde gemeinsam mit dem Institut für Baubetrieb und Baumanagement ein interdisziplinäres Team zu diesem Event geschickt.



Abbildung 6.7-80: Team/Ergebnis des ISS + IBB der UDE beim HoloHack am 15. – 17.09.2017 in Braunschweig (links) und Gruppenbild aller Teilnehmenden (rechts)



## 6.8 Literatur zu Kapitel 6

- Abdoli, S., Juraschek, M., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2019). An Investigation into Holistic Planning of Urban Factories. *Procedia CIRP*, 80, 649–654. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.100>
- Barzel, P. (2012). fairkehr. Abgerufen von fairkehr GmbH website: <https://www.fairkehr-magazin.de/archiv/2012/fk-02-2012/2012-2-titel/2-2012-pedecklimafreundlich/>
- Behrensen, A. (2018). Bundesweit bis 2500 Euro Kaufprämie für Schwertlasträder. Abgerufen von cargobike.jetzt website: <https://www.cargobike.jetzt/kaufpraemie-des-bundes-tritt-in-kraft/>
- Behrensen, A. (2019). Infos und Projekte rund um's Cargobike. Hersteller- und händlerneutral, für Fahrspaß und Verkehrswende! Abgerufen von cargobike.jetzt website: <https://www.cargobike.jetzt/>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. (2017). Umweltbewusstsein in Deutschland 2016. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Abgerufen von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltbewusstsein\\_deutschland\\_2016\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/umweltbewusstsein_deutschland_2016_bf.pdf)
- Capelleveen, G. Van, Amrit, C., & Yazan, D. M. (2018). A Literature Survey of Information Systems Facilitating the Identification of Industrial Symbiosis Guido (B. Otjacques, P. Hitzelberger, S. Naumann, & V. Wohlgemuth, Eds.). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65687-8>
- Cerdas, F., & Herrmann, C. (2018). Projektbericht "BenchBatt - Benchmarking und Evaluation der Leistungsfähigkeit und Kosten von Hochenergie- und Hochvolt-Lithium-Ionen Batterien im Vergleich zu Post-Lithium-Ionen Technologien", FKZ 03XP0047C.
- Cerdas, F., Juraschek, M., Thiede, S., & Herrmann, C. (2017). Life Cycle Assessment of 3D Printed Products in a Distributed Manufacturing System. *Journal of Industrial Ecology*, 21(S1), S80–S93. <https://doi.org/10.1111/jiec.12618>
- Cerdas, F., Titscher, P., Bognar, N., Schmuck, R., Winter, M., Kwade, A., & Herrmann, C. (2018). Exploring the effect of increased energy density on the environmental impacts of traction batteries: A comparison of energy optimized lithium-ion and lithium-sulfur batteries for mobility applications. *Energies*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/en11010150>
- Dahmen, Benjamin; Thaller, Carina; Leerkamp, Bert; Clausen, Uwe (2017): Modelling the impacts of urban transport measures by linking an urban commercial transport demand model with System Dynamics. In: *Transportation Research Procedia*.
- CNH Industrial. (2017). Der neue Daily Electric. Produkt-Vorabinformationen. Unterschleißheim.
- de Leuw, P. (2000). StVO - Recht und Pflichten der Radfahrer. Abgerufen von <http://pdeleuw.de/fahrrad/stvo.html>
- Deutsches Institut für Urbanistik. (2012). Gesundheitsförderung und Radfahren (Nr. Analyse A-5). Abgerufen von [https://nationaler-radverkehrsplan.de/sites/default/files/forschung\\_radverkehr/for\\_a-05.pdf](https://nationaler-radverkehrsplan.de/sites/default/files/forschung_radverkehr/for_a-05.pdf)
- Dizian, Diana; Taniguchi, Eiichi; Dablanc, Laetitia (2014): Urban Logistics by Rail and Waterways in France and Japan. 8th Conference on City Logistics. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (125).
- Flämig, Heike (2007): Wirtschaftsverkehrssysteme in Verdichtungsräumen. Eine Bilanz integrierter Planung. In: Claudia Nobis und Barbara Lenz (Hg.): *Wirtschaftsverkehr: Alles in Bewegung? Vorträge der Jahrestagung 2005 des Arbeitskreises Verkehr der Deutschen Gesellschaft für Geographie*. Mannheim: Verl. MetaGIS-Infosysteme (Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, 14), S. 61–78.
- Gries, S., & Witte, C. (2016). Test- Mess- und Verifikationsfahrten. In M. Klumpp, T. Marner, & S. Zelewski, *Handbuch der Elektromobilität in der Logistik. Band 1. Hintergrund und betriebswirtschaftliche Prozessebene (Dienstleistungsmanagement in Theorie und Praxis)* (S. 147-190). Berlin: Logos Verlag.
- Gruber, J., & Rudolph, C. (2016). Untersuchung des Einsatzes von Fahrrädern im Wirtschaftsverkehr (WIV-RAD). Berlin: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.
- Herrmann, C., & Juraschek, M. (2017). Making Change: The Positive Impact Factory. ENVISION, pp. 40–51. Singapore: Singapore's National Environment Agency.
- Herrmann, C., Juraschek, M., Kara, S., & Thiede, S. (2019). Urban Factories: Identifying Products for Production in Cities. In *Technologies and Eco-innovation towards Sustainability I* (pp. 185–198). [https://doi.org/10.1007/978-981-13-1181-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-981-13-1181-9_15)
- Hölzle, A. (2018). Dein RUDOLF. Dem RUhrgebiet und DÖrtmund sein LastenFahrrad. Abgerufen von VeloCityRuhr und VeloKitchen website: <https://dein-rudolf.de/>
- internetstores GmbH. (2018). Zum Akku - FAQs, Ladekosten, Reichweite usw. Abgerufen von <https://www.fahrrad.de/information-navi/rundums-fahrrad/ueber-e-bikes/akku.html>
- Juraschek, M., Becht, E. J., Büth, L., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2018). Life Cycle Oriented Industrial Value Creation in Cities. In F. P., D. Y., L. A., O. S.I., B. N., N. M., & L. A. (Eds.), *Procedia CIRP* (Vol. 69, pp. 94–99). Joint German-Australian Research Group, Sustainable Manufacturing and Life Cycle Engineering, Germany: Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.069>
- Juraschek, M., Becht, E. J., Büth, L., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2018). Life Cycle Oriented Industrial Value Creation in Cities. *Procedia CIRP*, 69(May), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.069>



- Juraschek, M., Becker, M., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2019). Life Cycle Assessment for the comparison of urban and non-urban produced products. *Procedia CIRP*, 80, 405–410. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.017>
- Juraschek, M., Bucherer, M., Schnabel, F., Hoffschroer, H., Vossen, B., Kreuz, F., Herrmann, C. (2018). Urban Factories and Their Potential Contribution to the Sustainable Development of Cities. *Procedia CIRP*, 69(May), 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.067>
- Juraschek, M., Büth, L., & Herrmann, C. (2019). Die Handlungsfelder effektiver Stadtfabriken für die nachhaltige Entwicklung im urbanen Raum. In *Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN-Nachhaltigkeitsziele* (pp. 519–536). [https://doi.org/10.1007/978-3-662-58717-1\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-662-58717-1_28)
- Juraschek, M., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). Utilizing Gaming Technology for Simulation of Urban Production. *Procedia CIRP*, 61, 469–474. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.224>
- Juraschek, M., Kreuz, F., Bucherer, M., Sonntag, R., Schnabel, F., Hoffschroer, H., Herrmann, C. (2018). Die Ressourcen der urbanen Fabrik: Definitionen und Erläuterungen aus dem Forschungsprojekt Urban Factory. Definitionen Und Erläuterungen Aus Dem Forschungsprojekt Urban Factory, 1–27. <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201812131337-0>
- Juraschek, M., Kreuz, F., Bucherer, M., Spengler, A., Thiede, S., Herrmann, C., ... Clausen, U. (2019). Urban Factories – Identification of Measures for Resource-Efficient Integration of Production Systems in Cities. In *Advances in Production, Logistics and Traffic* (pp. 221–232). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-13535-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-13535-5_16)
- Juraschek, M., Thiede, S., & Herrmann, C. (2018). Urbane Produktion Potenziale und Herausforderungen der Produktion in Städten. In H. Corsten, R. Gössinger, & T. S. Spengler (Eds.), *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken* (pp. 1113–1133). <https://doi.org/10.1515/9783110473803-055>
- Juraschek, M., Vossen, B., Hoffschroer, H., Reicher, C., & Herrmann, C. (2016). Urban Factories: Ecotones as Analogy for Sustainable Value Creation in Cities. In *1. interdisziplinäre Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung* (p. 135).
- Juraschek, M., Vossen, B., Hoffschroer, H., Reicher, C., & Herrmann, C. (2016). Urban Factories: Ecotones as Analogy for Sustainable Value Creation in Cities. In J. P. Wulfsberg, T. Redlich, & M. Moritz (Eds.), *1. interdisziplinäre Konferenz zur Zukunft der Wertschöpfung* (pp. 135–145). Retrieved from [http://www.openproduction.info/wp-content/uploads/2016/12/161205\\_Konferenzband\\_Zukunft-der-Wertschöpfung\\_2016\\_digital.pdf#page=141](http://www.openproduction.info/wp-content/uploads/2016/12/161205_Konferenzband_Zukunft-der-Wertschöpfung_2016_digital.pdf#page=141)
- Juraschek, M., Vossen, B., Hoffschroer, H., Reicher, C., & Herrmann, C. (2018). Urbane Produktion: Ökotone als Analogie für eine nachhaltige Wertschöpfung in Städten. In T. Redlich, M. Moritz, & J. P. Wulfsberg (Eds.), *Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung* (pp. 195–207). [https://doi.org/10.1007/978-3-658-20265-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20265-1_15)
- Kádár, B., Egri, P., Pedone, G., & Chida, T. (2018). Smart, simulation-based resource sharing in federated production networks. *CIRP Annals*, 67(1), 503–506. <https://doi.org/10.1016/J.CIRP.2018.04.046>
- Kampker, A., Vallée, D., & Schettler, A. (2013). *Elektromobilität. Grundlagen einer Zukunftstechnologie*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Knapp, J., Zeratsky, J., & Kowitz, B. (2016). *Sprint: How to solve big problems and test new ideas in just five days*. Simon and Schuster.
- Kreuz, F., & Clausen, U. (2017). Einsatzfelder von eLastenrädern im städtischen Wirtschaftsverkehr. In *Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität* (pp. 323–333). [https://doi.org/10.1007/978-3-658-18613-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-658-18613-5_20)
- Krones, M., & Müller, E. (2014). An approach for reducing energy consumption in factories by providing suitable energy efficiency measures. *Procedia CIRP*, 17, 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.045>
- LeaseRad GmbH. (2015). *Pedelecs im Business-Einsatz. Betriebswirtschaftliche Aspekte*. Abgerufen von [http://www.bba-bw.de/files/2\\_leaserad\\_e-mobilbw\\_130415\\_1.pdf](http://www.bba-bw.de/files/2_leaserad_e-mobilbw_130415_1.pdf)
- Muñuzuri, Jesús; Larrañeta, Juan; Onieva, Luis; Cortés, Pablo (2005): Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement. In: *Cities* 22 (1), S. 15–28. DOI: 10.1016/j.cities.2004.10.003.
- Neumair, Simon-Martin; Haas, Hans-Dieter: *Gabler Wirtschaftslexikon*, Stichwort: City-Logistik. Hg. v. Springer Gabler Verlag. Online verfügbar unter <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3690/city-logistik-v6.html>, zuletzt geprüft am 19.09.2016.
- Peter, A., & Popp, M. (2011). Elektroautos in der Wahrnehmung der Konsumenten. Zusammenfassung der Ergebnisse einer Befragung in Deutschland. Abgerufen von Forum Elektromobilität website: [http://www.forumelektromobilitaet.ch/fileadmin/DATA\\_Forum/Publikationen/FSEM\\_2011\\_Kurzbericht\\_O\\_nline\\_Befragung\\_2011.pdf](http://www.forumelektromobilitaet.ch/fileadmin/DATA_Forum/Publikationen/FSEM_2011_Kurzbericht_O_nline_Befragung_2011.pdf)
- Posselt, G. (2016). Towards Energy Transparent Factories. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20869-5>
- Rudder, C. (2013). Inside OKCupid: The math of online dating. Retrieved September 1, 2016, from TEDEd Presentation website: <http://ed.ted.com/lessons/inside-okcupid-the-math-of-online-dating-christian-rudder>
- Schönemann, M. (2017). *Multiscale Simulation Approach for Battery Production Systems*. Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49367-1>
- Sommer, G. (2018). *Ökobilanz von Elektrofahrzeugen*. Abgerufen von ADFC Landesverband Hamburg website: <https://hamburg.adfc.de/freizeit/fahrradkultur/fahrraeder-und-zubehoer/oekobilanz-vonelektrofahrzeugen/>
- Taniguchi E.; Thompson R.-G. (2002): Modeling City Logistics. In: *Transportation Research Record* (1790), S. 45–51.

- Vastag, Alex (2014): Urbane Logistik. neue Lösungsansätze für die Stadt der Zukunft. Hg. v. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. Online verfügbar unter [http://www.mowin.net/fileadmin/mowin/dokumente/Logistik-Tag/2014\\_06\\_25/Prof.\\_Dr.\\_Alex\\_Vastag\\_-\\_Urbane\\_Logistik\\_-\\_Neue\\_Loesungsansaetze\\_fuer\\_die\\_Stadt\\_der\\_Zukunft\\_.pdf](http://www.mowin.net/fileadmin/mowin/dokumente/Logistik-Tag/2014_06_25/Prof._Dr._Alex_Vastag_-_Urbane_Logistik_-_Neue_Loesungsansaetze_fuer_die_Stadt_der_Zukunft_.pdf), zuletzt geprüft am 19.09.2016.
- Verkehrsclub Deutschland e.V. (2019). Lasten auf die Räder. Berlin.
- Wachotsch, U., Kolodziej, A., Specht, B., Kohlmeyer, R., & Petrikowski, F. (2014). E-Rad macht mobil - Potenziale von Pedelecs und deren Umweltwirkung. Abgerufen von Umweltbundesamt website: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp\\_e-rad\\_macht\\_mobil\\_-\\_pelelecs\\_4.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/hgp_e-rad_macht_mobil_-_pelelecs_4.pdf)

## 7.0 Schlussbetrachtung

Das Verbundprojekt Urban Factory hatte als Zielstellung, die Steigerung der Ressourceneffizienz von Fabriken im urbanen Raum zu ermöglichen und einen methodenbasierten Werkzeugkoffer für die Anwendung in Planung, Betrieb und Umgestaltung von Produktionsstätten und Stadtquartieren zu entwickeln. Als urbane Fabrik wird dabei eine Produktionsstätte in einem multifunktionalen Siedlungsgebiet angesehen, in dem in unmittelbarer Nähe komplementäre Nutzungen für die Produktion vorhanden sind. Komplementäre Nutzungen ergeben sich aus der Multifunktionalität (z. B. Wohnen, Handel & Dienstleistungen, Freizeit) des Siedlungsgebiets (Juraschek et al. 2018a, Juraschek et al. 2018b). Ausgehend von dieser Definition sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens nicht auf einzelne Fabriken, Standorte, Quartiere oder Städte beschränkt, sondern strukturieren sich nach branchenübergreifenden Schwerpunktthemen. Die Ergebnisse sind daher problem- bzw. lösungsorientiert für unterschiedliche Anwender zugänglich und anwendbar.

Vor dem Hintergrund dieses thematisch offenen Ansatzes, gelten im Forschungsvorhaben zwei grundsätzliche Rahmenbedingungen bei der Betrachtung von urbanen Fabriken. Zum einen wird zu jederzeit die Konformität zu geltenden rechtlichen Grundlagen vorausgesetzt. Dies bedeutet, dass weder Vorschläge gemacht werden, rechtliche Hemmnisse für die Steigerung der Ressourceneffizienz zu überwinden, noch dass die Ergebnisse des Projekts dazu herangezogen werden sollen, derzeit nicht den Vorschriften entsprechende Produktionsstätten in den urbanen Raum zu integrieren. Zum anderen sind die Ergebnisse basierend auf der Analyse von Bestandsstandorten entwickelt worden. Während es aus Sicht des Projektkonsortiums grundsätzlich möglich ist, die gebäude- bzw. systemübergreifende Perspektive auch bei der Neuplanung bzw. Neuansiedlung von Produktionsstätten einzunehmen, kann kein allgemeingültiger Anspruch der Projektergebnisse für diesen Zweck erhoben werden.

## 7.1 Kurzzusammenfassung des Forschungsvorhabens

Produktion, Wertschöpfung und die Herstellung von Gütern ist ein integraler Teil des urbanen Raumes. Im Zuge vielfältiger Veränderungsprozesse wurden und werden in Deutschland Produktionsstätten an den Stadtrand, ins Ausland oder auf die grüne Wiese verdrängt. Über die historische Entwicklung von Städten und Fabriken wurden unterschiedliche regionale und epochale Herangehensweisen verfolgt, die mehrfach zur oftmals aufeinander folgenden Verbindung und Trennung dieser Systeme führten. Im Ergebnis dieser Entwicklungen finden sich heute viele Produktionsstätten in der Stadt, die ursprünglich nicht für den Betrieb in der unmittelbaren Nähe zu anderen urbanen Akteuren ausgelegt wurden. Die dabei entstehenden Herausforderungen verhindern oder erschweren die Nutzung von existierenden Ressourceneffizienzpotenzialen. Es fehlt an geeigneten Methoden und Werkzeugen, die möglichen positiven Effekte der symbiotischen Verbindung von urbanem Raum und Produktionsstätten effektiv verwertbar machen.

Im Forschungsvorhaben „Urban Factory – Entwicklung ressourceneffizienter Fabriken in der Stadt“ wurden die Fachdisziplinen Industriebau, Produktion, Städtebau, Logistik und Energiedesign unter Einbezug von Unternehmen, Kommunen, Versorgungsunternehmen und BürgerInnen in einem „Forschungsnetzwerk Urbane Fabrik“ verbunden. Inhaltlich wurde die Ausweitung des Forschungsgegenstands auf Technologien und Maßnahmen erweitert, die die Effizienzsteigerung im Handlungsrahmen der gemeinsamen Ressourcen von Stadt und Fabrik ermöglichen und in der Betrachtung die Stadtgesellschaft einbeziehen. Diese Verbindung der Disziplinen zielte auf die gemeinsame Erfassung der zentralen Handlungsfelder der urbanen Produktion, basierend auf der These, dass Fabriken im urbanen Raum durch Kooperation mit der umgebenden Stadt gemeinsame, zusätzliche Effizienzpotenziale erschließen und nutzen können.

Dabei wurde als zentrales Ergebnis eine Wissensplattform zur Energie- und Ressourceneffizienz von Industrie und Produktion in der Stadt, basierend auf einem theoretischen Rahmen mit stetiger Ergänzung durch Modellvorhaben aus der Praxis, entwickelt. Begleitend wurden unterschiedliche Unternehmen sowie Stadtstrukturen analysiert. Mit der bedarfsgerechten Erstellung unterschiedlicher Perspektiven der Analyse urbaner Produktion aus dem theoretischen Systemverständnis heraus, wurde ein Wissensgewinn für die Bewertung und Identifikation von Effizienzmaßnahmen urbaner Produktion aus einer disziplinübergreifender Perspektive geschaffen. Die gemeinsame Grundlage bilden dabei die Austauschbeziehungen von Fabrik und Quartier im urbanen Kontext, deren

Operationalisierung in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten erfolgte. Mehrere Analysebausteine wurden erstellt und können für spezifische Anwendungsfälle kombiniert werden. Die Untersuchung von Referenzprojekten sicherte eine allgemeingültige Ableitung sinnvoller Maßnahmen in Form vernetzter Planungsmethoden und konkreter technologischer Bausteine, die die Übertragbarkeit der Projektergebnisse sicherstellen. Im Verbundprojekt wurden drei Pilotprojekte in unterschiedlicher Detaillierungsgraden untersucht und begleitet, die jeweils unterschiedliche Rahmenbedingungen, Herausforderungen und Untersuchungsfelder aufweisen. Zudem wurde ein Modellversuch zu Elektromobilität im Verlauf des Projekts durchgeführt.

Im Verbundprojekt konnte gezeigt werden, dass im Sinne der Ressourceneffizienz einer urbanen Fabrik eine die funktionalen, räumlichen und zeitlichen Ebenen übergreifende Betrachtung notwendig ist. Dazu bedarf es jedoch zunächst der Identifikation und Überwindung trennender physischer und immaterieller Elemente. In den aus der Trennung der Systeme Stadt und Fabrik resultierenden Unterschieden, die je nach Standort größer oder kleiner ausfallen können, besteht derzeit eine der größten Hürden für die Nutzbarmachung zusätzlicher Effizienzpotenziale. Im Rahmen des Forschungsprojekts Urban Factory wurden acht Ressourcen als zentrale Handlungsfelder der ressourceneffizienten Integration von Fabriken in der Stadt identifiziert. Mit diesem Bezugssystem der gemeinsam genutzten, urbanen Ressourcen wird es möglich, die Austauschbeziehungen zwischen Stadt und Fabrik strukturiert zu identifizieren und damit auch bewertbar zu machen. Die Ressourcen beschreiben somit den Aktivitätsrahmen, in dem Maßnahmen und Konzepte umgesetzt werden können, und bieten dabei gleichzeitig eine Methode, mit der Externalitäten und Zielkonflikte erfasst werden können.

Die Projektergebnisse wurden für den Wissenstransfer und die Ergebnisverwertung in einem interdisziplinären Werkzeugkasten zusammengefasst. Darin enthalten sind entwickelte Methoden und Vorgehen zur Analyse urbaner Fabriken sowie eine strukturierte Informationssammlung, die die Übertragung der Projektergebnisse in unterschiedliche Anwendungskontexte erlauben. Die Basis bildet die Strukturierung entlang der Ressourcen der urbanen Fabrik. Darauf aufbauend wurde eine Sammlung von Maßnahmen in Form von Steckbriefen geschaffen. Diese Steckbriefe können durch relevante Akteure als Katalog eingesehen oder systematisch für Anwendungsszenarien mittels der Eingabe von Suchkriterien identifiziert werden. Zum letzteren Anwendungsfall wurde ein Bewertungsvorgehen entwickelt. Mit der Identifikation und Umsetzung von Maßnahmen in Fabrik und städtischem Quartier kann eine Steigerung der Ressourceneffizienz etabliert werden. Damit ergibt sich auch die Gelegenheit, beteiligte Akteure weiter zu sensibilisieren, ihnen entsprechendes Wissen zu vermitteln und Hürden abzubauen.

## **7.2 Einordnung der Projektergebnisse**

Die Analyse urbaner Fabriken muss auf unterschiedlichen Systemebenen erfolgen. Diese wurden im Forschungsprojekt definiert und aus den unterschiedlichen Disziplinen beschrieben. Die Strukturierung über die Systemebenen Arbeitsplatz, Gebäude(-struktur), Standort, Quartier, Stadtregion und globaler Kontext bildet das Komplement zu der Strukturierung über die Fachdisziplinen. Die Analyse der urbanen Fabrik erfolgt zunächst disziplin- und ebenenspezifisch. So konnten konkrete und detaillierte Erkenntnisse über den Ist-Zustand einer urbanen Fabrik für die maßgeblichen Fachbereiche und auf den relevanten Systemebenen gewonnen werden. Diese können dazu genutzt werden, Verbesserungen im Bereich der einzelnen Disziplinen bzw. Systemebene anzustoßen und umzusetzen. Zur ganzheitlichen Betrachtung reicht eine bereichs- oder ebenenfokussierte Betrachtung nicht aus. Hierfür ist im Sinne einer Ressourceneffizienz der urbanen Fabrik eine übergreifende Betrachtung notwendig. Dies benötigt jedoch zunächst die Identifizierung und Überwindung des trennenden Elements, oftmals im wörtlichen und im übertragenen Sinne des Werkszauns. Der Werkszaun trennt physisch die Systeme Stadt und Fabrik. Er charakterisiert zudem eine organisationale, funktionale und institutionelle Trennung. Diese ist in verschiedenen Bereichen spürbar, und kann sich beispielsweise in unterschiedlichen Handlungsmaximen, Anpassungsgeschwindigkeiten oder Wertvorstellungen manifestieren. In diesen Unterschieden, die je nach Standort größer oder kleiner ausfallen können, besteht derzeit eine der größten Hürden für die Schaffung zusätzlicher Effizienzpotenziale.

Um diese Hürde zu überwinden, wird ein Systemverständnis für den möglichen Austausch zwischen den Systemen Fabrik und Stadt benötigt. Dazu müssen die Ressourcen (Austauschobjekte) sowie die Austauschbeziehungen bekannt sein. Im Fabrik-Stadt-System wird eine Ressource als materielles oder immaterielles Mittel definiert, das genutzt wird, um eine Handlung zu tätigen oder einen Vorgang ablaufen zu lassen. Im Speziellen sind die Ressourcen der urbanen Fabrik Energie, Stoffe, Mensch, Raum und Boden, Wissen, Recht und Kultur, Mobilität, Image und Gestalt. Um diese Ressourcen systemisch effizient zu nutzen und so zusätzliche Effizienzpotenziale zu heben, müssen sie über die bestehenden Systemgrenzen von Fabrik und Stadt hinweg nutzbar werden. Da Fabrik und Stadt – und die Stadt in sich wiederum – verschiedene Organisationen sind, funktioniert eine gemeinsame Nutzung über einen Austausch. Hierzu konnte auf die Austauschtheorie nach Homans (1968) zurückgegriffen werden: Zu einem Austausch kommt es wenn durch eigene Aktivität die Erträge bei Interaktion mit der einen Partei höher sind, als bei einer anderen. Somit hat „kein Austausch Bestand (...), aus welchem nicht beide Parteien Gewinn ziehen können“. Besonders gut funktioniert der Austausch, wenn die Partner räumlich nah beieinander angeordnet sind. Sowohl in den Ressourcen als auch den Austauschbeziehungen wird die Notwendigkeit zur Interdisziplinarität deutlich. So muss sich ein Austausch nicht zwingend auf eine Ressource beziehen. Die Ressourcen sind auch gegeneinander tauschbar, abhängig vom Angebot und Bedarf des jeweiligen Tauschpartners.

Dass ein solcher Austausch grundsätzlich intersystemisch (bezogen auf Stadt und Fabrik als Einzelsysteme) oder systemimmanent (bezogen auf das Stadt-Fabrik-System als Ganzes) funktioniert, ist eine notwendige Bedingung. Somit muss dieser Austausch theoretisch nicht durch zusätzliche Impulse von außen angestoßen oder unterhalten werden, sondern wird intrinsisch motiviert. Da ein solcher Austausch im Sinne einer Erhöhung der Ressourceneffizienz in der Praxis aber bis dato nur in Ansätzen beobachtet werden kann, ist eine weitere Operationalisierung notwendig. Dies wurde auch im Forschungsvorhaben erkannt und über die Identifizierung, Entwicklung und Sammlung von (Schlüssel-) Akteuren und Maßnahmen zu Erhöhung der Ressourceneffizienz umgesetzt. Katalogisiert nach betreffenden Ressourcen beschreiben diese Maßnahmen Projekte, die teils durch einfache Nutzungsänderungen oder dem zur Verfügung stellen einer überschüssigen Ressource, teils aber auch durch monetäre Investitionen umgesetzt werden können. Um diese Maßnahmensammlung den urbanen Akteuren - Unternehmen wie kommunalen Vertretern, Nachbarn oder engagierten Initianten - zur Verfügung stellen zu können, wurde eine benutzerfreundliche Datenbank entwickelt, in der für den jeweiligen Anwender die passenden Maßnahmen gefiltert und übersichtlich vorgestellt werden.

Ähnlich gelagert ist die Betrachtung rahmengebender Trends im Forschungsvorhaben. Die beschriebenen Trends im Zuge der Globalisierung, Konnektivität, Urbanisierung, Mobilität, Individualisierung, Silver Society, Neo-Ökologie und New Work werden Städte, produzierende Unternehmen und somit auch Urban Factories über die nächsten Jahre und Jahrzehnte beeinflussen. Daher müssen diese Trends auch gegenwärtig und zukünftig bei der Betrachtung, Analyse und zur Erhöhung der Ressourceneffizienz beachtet werden. Gegenläufiges Handeln kann die Existenz urbaner Produktionsstandorte gefährden. Zugleich werden nicht für alle urbanen Produktionsstandorte bzw. Quartiere gleichwertig von allen Trends beeinflusst. Abhängig vom spezifischen Standort, der Branche, den sozial-räumlichen Strukturen, der strategischen Ausrichtung, unterschiedlichen rechtlichen Rahmenbedingungen und allgemeinen bis konkreten Problemlagen müssen die Auswirkungen und die Reaktion auf diese allgemeinen Entwicklungstendenzen im Einzelfall bewertet und entwickelt werden.

Das Finden des systemischen Zusammenhangs der Elemente von Stadt und Fabrik kann aus Sicht des Konsortiums als erfolgreich bewertet werden. Die Operationalisierung mit Hilfe von Bewertungs-algorithmen und einer prototypischen Umsetzung als digitale Anwendung zur Identifikation passender Maßnahmen ermöglicht die Verbreitung und Nutzung dieses Vorgehens. Herausfordernd ist dabei die Aktualisierung und Fortschreibung der zu Grunde liegenden Datenbasis.

### 7.3 Trans- und interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen ist aufgrund des systemischen Ansatzes der Betrachtung von Fabrik und Stadt nicht nur sinnvoll, sondern auch notwendig (vgl. Kapitel 2). Allerdings birgt die Zusammenarbeit eine Vielzahl an Herausforderungen: Sie verlangt dem Teilhaber eines



transdisziplinären Teams ein hohes Maß an Verständnis und Kritikfähigkeit ab. Das flexible Erlernen von neuem Vokabular, das zur Diskussion-Stellen erprobter Untersuchungsmethoden und das Entwickeln einer gemeinsamen Bewertungsgrundlage aus komplexen, disziplinübergreifenden Zusammenhängen und Abhängigkeiten birgt Potenzial für Auseinandersetzungen und einen hohen zeitlichen Aufwand. Teilhaber des Konsortiums gewinnen dafür einen außerordentlich tiefen Einblick in fremde Fachdisziplinen, schärfen ihr Verständnis für komplexe Zusammenhänge und können das domänenübergreifende Wissen in die eigene Arbeit einbringen.

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass eine intensive Zusammenarbeit über die Grenzen wissenschaftlicher Fachdisziplinen bei entsprechender Gestaltung zielführend ist. Dies wurde im Verbundprojekt durch die Einführung regelmäßiger interdisziplinärer Workshops des Forschungsteams umgesetzt. Die Verbindung zur Praxis wurde mit dem Einbezug des Projektbeirats sichergestellt, mit dem ebenfalls mehrere Workshops während der Projektbearbeitung stattfanden. Zur Verbreitung der Projektergebnisse und der erarbeiteten Erkenntnisse wurden Publikationen in unterschiedlichen Kanälen für die Erreichung diverser Lesergruppen veröffentlicht und bei nationalen und internationalen Veranstaltungen die Projektergebnisse präsentiert (siehe Abbildung 7.3-1).

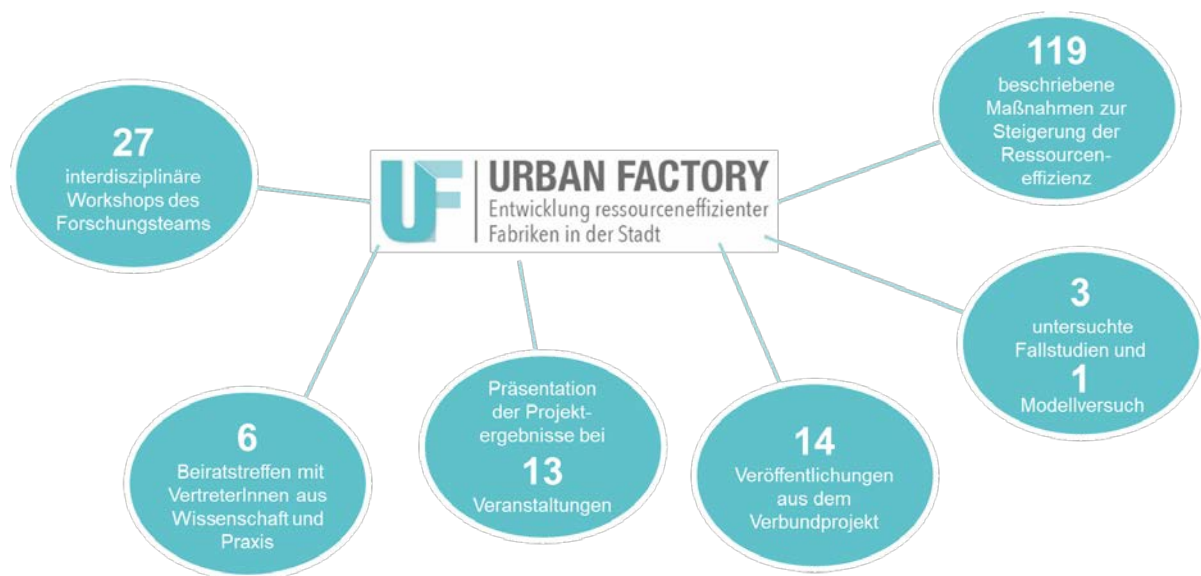


Abbildung 7.3-81: Übersicht der Projektaktivitäten

## 7.4 Umsetzung und Herausforderungen in der Praxis

Im Forschungsvorhaben wurden Modellstandorte urbaner Fabriken (Pilotprojekte) genutzt, mit denen der Transfer in die Praxis vereinfacht werden sollte. Dadurch konnte die These der Schaffung zusätzlicher Ressourceneffizienz durch Kooperation bestätigt werden. Auf Basis des Systemverständnisses und der praxisnahen Betrachtung der Modellstandorte konnten damit Maßnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz entwickelt werden. Essenz des Forschungsvorhabens ist somit das Systemverständnis des Fabrik-Stadt-Systems und Möglichkeiten dieses über Maßnahmen(bündel) ressourceneffizienter zu gestalten. Die im Zeitraum der Antragsstellung ausgewählten Pilotprojekte waren jedoch im Wesentlichen aufgrund von zwei Faktoren nicht uneingeschränkt geeignet, Umsetzungserfolge und bauliche Maßnahmen während der Projektlaufzeit umzusetzen:

In keinem der Pilotprojekte waren Entscheider/innen von Seiten der Stadt von Beginn integriert. Ohne die Integration kommunaler Entscheidungsträger lässt sich jedoch weder konkret einschätzen, welchen Ressourcenbedarf das Quartier hat, noch welche Ressourcenangebote seitens der urbanen Umgebung gemacht werden könnten. Die Analyse kann so zwar disziplinspezifisch detailliert ausgearbeitet und diese Ergebnisse interdisziplinär miteinander verknüpft werden, sodass Handlungsempfehlungen gegeben werden können. Für eine Umsetzung in der Praxis sind jedoch nicht alle Rahmenbedingungen erfahrbare. So konnte beispielsweise in einem der Pilotprojekte ein kom-

municipaler Akteur aktiviert werden, was die Entwicklung der geplanten Maßnahme deutlich positiv beeinflusst hat. Dennoch konnte die Maßnahme aufgrund von Interessenskonflikten innerhalb der Kommune nicht umgesetzt werden.

Zudem waren die Pilotprojekte meist auf einen (Unternehmens-) Akteur ausgerichtet. Daraus ergab sich auch inhaltlich eine tendenziell monothematische Ausrichtung aus Sicht der weiteren lokalen und regionalen Akteure. Die Stärke des entwickelten Ansatzes zur Hebung zusätzlicher Effizienzpotenziale liegt aber vor allem in der disziplin- und problemübergreifenden Sichtweise begründet. Auf Basis einer solchen Analyse, die ggf. weitere Defizite und Potenziale zu Tage fördert, die den lokalen Akteuren bis jetzt nicht bekannt oder als nicht prioritär eingestuft wurden, können weitere lokalen Akteure von effizienzsteigernden Maßnahmen überzeugt werden oder diese im Verlauf des Projektes identifiziert und aktiviert werden.

Im Allgemeinen sei hier auf die theoretischen Überlegungen zur Pfadabhängigkeit verwiesen (vgl. dazu Kapitel 4 und z.B. Hasenmüller & Schaltegger 2013). Die im Rahmen der Forschungsarbeit festgestellten Trends bis Megatrends wirken mehr oder weniger stark auf Städte, Fabriken und im Speziellen auf urbane Fabriken. Die Berücksichtigung dieser kann jedoch ein Verlassen des derzeit gefolgten Pfades nötig machen. Gleiches gilt entsprechend für den Ansatz des Forschungsvorhabens Urban Factory. Dieser verlangt von vielen lokalen Akteuren mindestens einen Perspektivwechsel, wenn nicht einen Pfadwechsel, um die synergetischen Effizienzpotenziale aus einer Systemperspektivenerweiterung zu erschließen. Dies ist jedoch häufig mit organisationalem oder finanziellem Aufwand verbunden, auch wenn er langfristig höhere Gewinne verspricht. Auch dadurch ergibt sich für die Umsetzungen in der Praxis eine Hürde, die mit den Mitteln des Vorhabens nicht überwunden werden konnte.

## 7.5 Anschlussfähigkeit und Ausblick

Die im Projekt entwickelten Methoden und die geschaffene Sammlung von ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen bieten vielfach Anknüpfungspunkte zur Übertragung und Weiterentwicklung in zukünftigen Anwendungsfällen. Die im Projektverlauf gewonnen Erkenntnisse können bei Berücksichtigung in aktuellen und zukünftigen Aktivitäten urbaner Fabriken zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz beitragen. Konkrete Beispiele bieten die Ergebnisse der Lastenradfallstudie, des Modellversuchs Elektromobilität, die vielfältigen Analysemethoden, die Sammlung von Maßnahmen, das entwickelte Verfahren zur Identifikation von passenden Maßnahmen sowie die Aufstellung der relevanten Akteure der urbanen Produktion. Die genannten Projektergebnisse können auch zu einem wirtschaftlicheren Betrieb einer Produktionsstätte in der Stadt beitragen oder die Standortssicherung unterstützen. Der Einbezug der Stadtgesellschaft und der geschaffene erweiterte Ressourcenbegriff ermöglichen dabei den ganzheitlichen Einbezug von positiven sowie negativen Auswirkungen urbaner Fabriken. Als wissenschaftliche Anschlussfähigkeit ist insbesondere der Beitrag der Projektergebnisse zum Grundverständnis urbaner Produktionssysteme hervorzuheben. Die dabei geschaffene Erweiterung der Theorie mit dem Modell der Austauschbeziehungen kann als Basis für zukünftige wissenschaftliche Auseinandersetzungen mit diesem Forschungsthema dienen. Es wurde dabei weiterer Forschungsbedarf für einzelne Disziplinen auf der Suche nach kooperativen Maßnahmen und hinsichtlich Interdisziplinärer Forschung aufgedeckt.

Im Ausblick bieten sich kurzfristig umsetzbare Ergebnisse beispielsweise auf Basis durch das modellhafte Umsetzen von ressourceneffizienzsteigernden Maßnahmen an. Dabei ist eine Rückkopplung zur Sammlung der Maßnahmen und eine stetige Evaluierung der Erkenntnisse und das Messen der Wirkungen von Maßnahmen in Fabrik und Quartier, beispielsweise im Rahmen weiterführender Projekte, wünschenswert. So könnten den entwickelten Methoden zur Steigerung der Ressourceneffizienz zur Etablierung verholfen werden. Zusätzlich ergäbe sich die Gelegenheit, Akteure weiter zu sensibilisieren und ihnen entsprechendes Wissen zu vermitteln. Ebenso gilt es in der Zukunft, die Einbeziehung von sich entwickelnden Trends und Innovationen sowie die Aktualität des Maßnahmenkatalogs zu untersuchen und ggf. anzupassen.

## 7.6 Literatur zu Kapitel 7

- Hasenmüller, M.-P., & Schaltegger, S. (2013). Herausforderungen im Nachhaltigkeitsmanagement: der Beitrag der Pfadforschung zur Erklärung von Implementationsbarrieren. Wiesbaden: Springer-Gabler
- Homans, G. C. (1968). Elementarformen sozialen Verhaltens. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Juraschek, M., Vossen, B., Hoffschroer, H., Reicher, C., & Herrmann, C. (2018a). Urbane Produktion: Ökotone als Analogie für eine nachhaltige Wertschöpfung in Städten. In T. Redlich, M. Moritz, & J. P. Wulfsberg (Eds.), *Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung* (pp. 195–207). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-20265-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20265-1_15)
- Juraschek, M., Thiede, S. and Herrmann, C., "Urbane Produktion Potenziale und Herausforderungen der Produktion in Städten," in *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken*, H. Corsten, R. Gössinger, and T. S. Spengler, Eds. Berlin, Boston: De Gruyter, 2018b, pp. 1113–1133.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.2-1: Vernetzung der Disziplinen auf den Betrachtungsebenen (© Urban Factory) .....	6
Abbildung 5.2-2: Darstellung der fachübergreifenden Vernetzung der Hochschulen (© Urban Factory) .....	7
Abbildung 5.2-3: Einbindung von Unternehmen – Pilotprojekte (© Urban Factory).....	8
Abbildung 5.2-4: Einbindung von Unternehmen – Beirat (© Urban Factory) .....	9
Abbildung 5.2-5: Einbindung der wissenschaftlichen Begleitforschung (© Urban Factory) .....	11
Abbildung 5.2-6: Zeitschiene Projektleitertreffen (© Urban Factory) .....	11
Abbildung 5.4-1: Arbeitsfelder des Forschungsprojekts Urban Factory für die Entwicklung von Transferbausteinen .....	14
Abbildung 6.1-1: Vorgehensweise der empirischen Untersuchungen (© Urban Factory) .....	16
Abbildung 6.2-1: Lageplan - Norddeutschland .....	17
Abbildung 6.2-2: Lageplan - Region Braunschweig .....	18
Abbildung 6.2-3: Lageplan - Stadt Braunschweig Nord.....	18
Abbildung 6.2-4: Lageplan - Campus der TU Braunschweig.....	18
Abbildung 6.2-5: Analyse IST-Zustand I Anteil der Disziplinen BLB (© Urban Factory) .....	19
Abbildung 6.2-6: Luftaufnahme der BLB .....	19
Abbildung 6.2-7: Isometrische Darstellung der BLB .....	20
Abbildung 6.2-8: Übersicht der Produktionsbereiche der BLB .....	21
Abbildung 6.2-9: Maschinenaufstellplan und Layout des Produktionssystems der BLB .....	22
Abbildung 6.2-10: Materialfluss- und Energieanalyse der Battery LabFactory (Cerdas & Herrmann, 2018).....	23
Abbildung 6.2-11: Massenverteilung u. spezifische Energie der Materialien einer Batteriezelle der BLB (Cerdas et al., 2018).....	23
Abbildung 6.2-12: Lastgang des elektrischen Energiebedarfs der BLB in 2017.....	25
Abbildung 6.2-13: Lastgang des Energiebedarfs durch Erdgas der BLB in 2017.....	25
Abbildung 6.2-14: Energiebedarfe der Prozesse der BLB nach Schönemann (2017).....	26
Abbildung 6.2-15: Von der Battery LabFactory abgedeckte Lebenszyklusphasen (Life Cycle Stages) .....	26
Abbildung 6.2-16: Zeichnung „Ansicht Westseite“ aus dem Jahr 1959 (TU Braunschweig) .....	28
Abbildung 6.2-17: Schwarzplan der Gebäudegrundflächen (Auszug).....	28
Abbildung 6.2-18: Untersuchungsschritte zur Erfassung der Ausgangslage (© IIKE) .....	29
Abbildung 6.2-19: Darstellung der unterschiedlichen Bezüge zwischen Akteursgruppen im Industriebau (© IIKE).....	29
Abbildung 6.2-20: Darstellung der Schlüsselakteure der BLB (Blickrichtung Industriebau) (© IIKE).....	31
Abbildung 6.2-21: Betrachtungsebenen der BLB – (Blickrichtung Industriebau).....	32
Abbildung 6.2-22: Analyse der Erschließungsstrukturen (Werkszaunverlauf, Zugänge, Parkflächen etc.) (© IIKE) .....	34
Abbildung 6.2-23: Analyse der Fassadengestaltung (© IIKE) .....	35
Abbildung 6.2-24: Fotos Fassadensanierung (Stand 23.02.2016 und 04.09.2018) .....	36
Abbildung 6.2-25: Fotos Garagensanierung (Stand 26.04.2016 und 29.07.2017) .....	36
Abbildung 6.2-26: Analyse der Gestaltung der Arbeitsplätze im Bereich Produktion (© IWF).....	36
Abbildung 6.2-27: Darstellung der produktionsrelevanten Einbauten in BLB und angrenzenden Gebäuden.....	37
Abbildung 6.2-28: Zusammenstellung der Analyse des BLB entlang der Systemebenen (Industriebau).....	38
Abbildung 6.2-29: Darstellung der zentralen Defizite (Sichtweise Industriebau) (© IIKE) .....	39
Abbildung 6.2-30: Darstellung zentraler Einflussbereiche zur Ableitung von Einzelmaßnahmen - Industriebau (© IIKE) .....	39
Abbildung 6.2-31: Beispiel-Defizit „Fehlerhafte Bodenbeläge“ (© IIKE) .....	40
Abbildung 6.2-32: Konstellation „Beteiligte Akteure zur üblichen Behebung von Schäden im inneren der Fabrik“ (© IIKE) .....	40
Abbildung 6.2-33: Darstellung industriebauspezifischer Einzelmaßnahmen – Praxisbeispiel Hallenboden (© IIKE) .....	42
Abbildung 6.2-34: Betrachtungsebenen der BLB – (Blickrichtung Verkehr & Logistik).....	43
Abbildung 6.2-35: Analyse des innerbetrieblichen Materialflusses der BLB.....	43

Abbildung 6.2-36: Einbettung der BLB in das umgebende Quartier.....	44
Abbildung 6.2-37: Wegebeziehungen im Quartier der BLB.....	45
Abbildung 6.2-38: Wegebeziehungen und Potentiale im Umfeld der BLB .....	50
Abbildung 6.2-39: Vorgehensweise des Energiedesigns .....	52
Abbildung 6.2-40: Übersicht der aufgenommenen Gebäude .....	53
Abbildung 6.2-41: Gebäudetypisierung im Umfeld der BLB .....	53
Abbildung 6.2-42: Gegenüberstellung der Lastprofile eines Mehrfamilienhaushalts und der BLB .....	54
Abbildung 6.2-43: Darstellung der zentralen Defizite (Sichtweise Energiedesign) .....	54
Abbildung 6.2-44: Maßnahmenvorschläge Sichtweise Energiedesign .....	55
Abbildung 6.2-45: Betrachtungsebenen der BLB – (Blickrichtung Städtebau) .....	56
Abbildung 6.2-46: Abgrenzung Standort BLB (blau), näherer Betrachtungsraum (blau gestrichelt) und Quartiersumgriff der städtebaulichen Untersuchung (© STB).....	57
Abbildung 6.2-47: Darstellung der unterschiedlichen realen Flächennutzungen im Umfeld der BLB (© STB) .....	58
Abbildung 6.2-48: Darstellung der PKW-Stellplätze im Umfeld der BLB (© STB) .....	58
Abbildung 6.2-49: Darstellung der Nutzungsfestsetzungen des Flächennutzungsplanes im Umfeld der BLB (© STB) ....	59
Abbildung 6.2-50: Darstellung der planungsrechtlichen Nutzungsfestsetzungen des Flächennutzungsplanes und der Bebauungspläne im Umfeld der BLB (© STB) .....	59
Abbildung 6.2-51: Identifikation von Defiziten und Potentialen des Modellstandorts BLB.....	61
Abbildung 6.2-52: Maßnahmen für den Modellstandort BLB.....	63
Abbildung 6.2-53: Interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Identifikation möglicher Maßnahmen für die BLB .....	65
Abbildung 6.2-54: Räumliche Verortung ausgewählter Maßnahmen im Quartier.....	65
Abbildung 6.2-55: Räumliche Verortung ausgewählter Maßnahmen in der BLB.....	66
Abbildung 6.2-56: SOLL-Zustand für den Modellstandort BLB.....	66
Abbildung 6.3-1: Vorgehensweise im Pilotprojekt eLastenrad .....	69
Abbildung 6.3-2: Eingesetzte Lastenräder im Pilotprojekt.....	71
Abbildung 6.3-3: Exemplarische Lastenrad-Touren .....	73
Abbildung 6.3-4: Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz elektrischer Lastenräder.....	88
Abbildung 6.4-1: Fernsehbeiträge Energie für Geisweid.....	95
Abbildung 6.4-2: Pressestimme zum Pilotprojekt "Energie für Geisweid" .....	96
Abbildung 6.4-3: Gesellschafterkreis der Energie für Geisweid GmbH.....	97
Abbildung 6.4-4: Übersicht von der Primärenergie bis zur Nutzenergie .....	107
Abbildung 6.4-5: Aufgenommene Gebäude in Siegen-Geisweid .....	108
Abbildung 6.4-6: Altersklassen der aufgenommen Gebäude .....	109
Abbildung 6.4-7: Gebäudetypen in Siegen-Geisweid.....	109
Abbildung 6.4-8: Heizenergiebedarf der aufgenommenen Gebäude .....	110
Abbildung 6.4-9: Gebäudedichte .....	110
Abbildung 6.4-10: Vorortbild bei der Gebäudeaufnahme .....	111
Abbildung 6.4-11: Heatmap durch Überlagerung des Heizwärmebedarfs mit der Gebäudedichte .....	112
Abbildung 6.6-1: Beirat und Forschungsteam von Urban Factory, Auftakttreffen am 17.11.2015.....	119
Abbildung 6.6-2: Zeitschiene der Beiratstreffen .....	120
Abbildung 6.7-1: Entwickeltes Vorgehen im Projekt für die Erstellung des „Werkzeugkastens Urbane Produktion“.....	128
Abbildung 6.7-2: Hierarchie der Ressourcen, Sub-Ressourcen und Eigenschaften zur Auswertung.....	129
Abbildung 6.7-3: Die Elemente des Fabrik-Stadt-Systems (© Urban Factory).....	130
Abbildung 6.7-4: Ablaufdiagramm der Identifikation geeigneter Verbesserungsmaßnahmen für das Fabrik-Stadt-System .....	132



Abbildung 6.7-5: Screenshots der Software-Applikation mit Darstellung des User Interfaces (links) und einer identifizierten Verbesserungsmaßnahme (Mitte). Im korrespondierenden Maßnahmenkatalog ist für jede Maßnahme eine papierbasierte Version verfügbar (rechts) .....	133
Abbildung 6.7-6: Ankündigung für den HoloHack 2017 zur Produktion und Stadt der Zukunft .....	136
Abbildung 6.7-7: Team/Ergebnis des ISS + IBB der UDE beim HoloHack am 15. – 17.09.2017 in Braunschweig (links) und Gruppenbild aller Teilnehmenden (rechts) .....	137
Abbildung 7.3-1: Übersicht der Projektaktivitäten.....	144

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 5.1-1: Übersicht Pilotprojekt I: Battery LabFactory, Braunschweig .....	3
Tabelle 5.1-2: Übersicht Pilotprojekt II: eLastenrad, Dortmund .....	5
Tabelle 5.1-3: Übersicht Pilotprojekt III: Energie für Geisweid, Siegen .....	5
Tabelle 5.3-1: Ausgewählte Projektinitiativen zu urbaner Produktion .....	13
Tabelle 6.2-1: Liste von Akteuren eingebunden in urbanen Fabriken (Blickrichtung Industriebau) - Auszug (© IIKE) .....	30
Tabelle 6.2-2: Liste der Schlüsselakteure der BLB (Blickrichtung Industriebau) (© IIKE) .....	30
Tabelle 6.2-3: Begriffsverständnis der Systemebenen (Sichtweise Industriebau) .....	32
Tabelle 6.2-4: Übersicht der industrieauspezifisch relevanten Informationen der IST-Analyse (© IIKE) .....	33
Tabelle 6.2-5: Verkehrliche Anbindung der BLB .....	46
Tabelle 6.2-6: Verkehrsprobleme und Maßnahmen zur Behebung .....	46
Tabelle 6.2-7: Pendlerverhalten .....	47
Tabelle 6.2-8: Inanspruchnahme umliegender Einrichtungen der BLB .....	48
Tabelle 6.2-9: Aufenthaltsqualität an der BLB .....	49
Tabelle 6.2-10: Potenziale zur Steigerung der Ressourceneffizienz der BLB .....	62
Tabelle 6.2-11: Maßnahmenkatalog zur Erhöhung der Ressourceneffizienz der BLB und des Quartiers .....	64
Tabelle 6.3-1: Einhaltung der Liefertermintreue .....	72
Tabelle 6.3-2: Berechnung der Transportkosten pro 100 km .....	74
Tabelle 6.3-3: Ergebnisse der Lieferschein- und GPS-Daten-Auswertung .....	74
Tabelle 6.3-4: Zusammenfassung der Datenerhebung mit dem Fahrtenbuch .....	78
Tabelle 6.3-5: Kostenvergleich von Kleinstwagen und elektrischem Lastenrad i.A.a. (LeaseRad GmbH, 2015) .....	84
Tabelle 6.3-6: Berechnung des CO <sub>2</sub> -Ausstoß eines elektrischen Lastenrads i.A.a. Barzel (2012) .....	85
Tabelle 6.3-7: Luftschadstoff-Ausstoß nach Fahrzeugtyp i.A.a. Wachotsch et al. (2014) .....	85
Tabelle 6.4-1: Elemente der Gebäudetypologie .....	108
Tabelle 6.5-1: Technische Daten des Iveco Daily Electric i.A.a. Gries & Witte (2016) .....	114
Tabelle 6.6-1: Beschreibung der Mitglieder des Beirats .....	119
Tabelle 6.6-2: Übersicht Beiratstreffen 1 .....	121
Tabelle 6.6-3: Übersicht Beiratstreffen 2 .....	122
Tabelle 6.6-4: Übersicht Beiratstreffen 3 .....	123
Tabelle 6.6-5: Übersicht Beiratstreffen 4 .....	124
Tabelle 6.6-6: Übersicht Beiratstreffen 5 .....	125
Tabelle 6.6-7: Übersicht Beiratstreffen 6 .....	126





